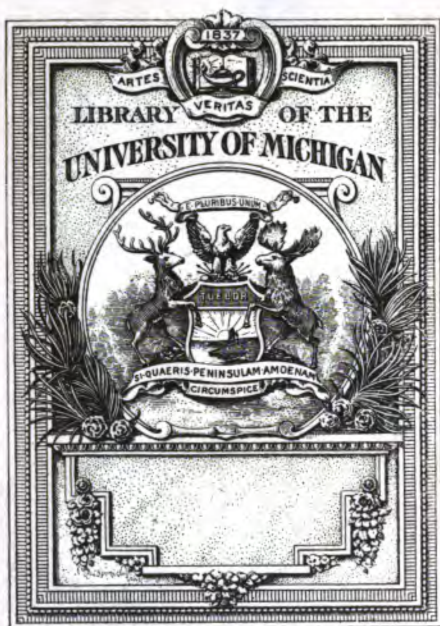

1837
ARTES
SCIENTIA
VERITAS
LIBRARY OF THE
UNIVERSITY OF MICHIGAN
E PLURIBUS UNUM
TUEBOR
SI QUAERIS PENINSULAM AMOENAM
CIRCUMSPICE

Jahrbuch

der

Erfindungen

und

Fortschritte auf den Gebieten

der

Physik und Chemie, der Technologie und Mechanik, der Astronomie und Meteorologie.

Herausgegeben von

Bergrath Dr. H. Gretschel, Professor an der Königl. Bergakademie in Freiberg, und Reg.-Rath Dr. G. Wunder, Director der Techn. Staatslehranstalten in Chemnitz.

Fünfzehnter Jahrgang.





Mit 39 Holzschnitten im Text.

Leipzig
Verlag von Quandt & Händel.
1879.

Inhaltsübersicht.

Astronomie.

Seite

Die Sonne 3
Photographie der Sonne 4. — Totale Sonnenfinsterniß von 1878 8. — Natur der Corona 9. — Protuberanzen 10. — Rotationszeit der S. 14.

Die Planeten und ihre Monde 15
Der intramerkuriale Planet 15. — Merkur 16. — Relative Lichtintensität von Merkur und Venus 19. — Erde 19. — Der Erdmond 21 (neuer Krater 21; Theorie der Mondbewegung 23). — Mars 32 (Schiaparelli's Karte vom Mars; Durchmesser und Masse des Mars 39; die Marsmonde 40).

Die neuentdeckten Planeten des Jahres 1878 41
Elemente der Planetoiden 42

Kometen 41
Komet Swift 41. — Tempel's Komet 1873 II. 43. — Enckes Komet 44. — Bredichins Untersuchungen über die Schweife der Kometen 45.

Feuerkugeln und Meteorite 48
Mineralogische Beschaffenheit der Steinmeteorite 51. — Untersuchungen über den Eisenmeteorit von Rittersgrün 53.

Fixsterne und Nebel 59
Parallaxen-Bestimmungen 59. — Rothe Sterne 60. — Periodischer Farbenwechsel 61. — Doppelsterne 63. — Croll's Ansichten über die Entstehung des Nebel 66.

Physik und Meteorologie.

Werkzeuge des mechanischen Rechnens 72
Fuller's Rechenstab 74. — Poppe's Arithmograph 75. — Thomson's Maschine 79.

Mechanik fester Körper 82
Das Pendel 82
Blackburn's Doppelpendel 84.
Reibung 87

Seite

Mechanik tropfbarflüssiger und gasförmiger Körper 94
Diffusionsfiguren in Flüssigkeiten 94
Absorption von Gasen in Flüssigkeiten 96
Reibung zwischen Wasser und Luft 99
Luftpumpe 101
Hydrodynamische Luftpumpe 102; Modification der Quecksilberluftpumpe 103.
Die Zusammendrückbarkeit der Gase 105
Wirkungen des Luftdruckes auf lebende Wesen 118

Akustik 120
Hilfsmittel zum Studium der Schallschwingungen 120
Amplitude der Schallwellen 128
Schallerregung 129
Reibungstöne 129. — Lord Rayleigh's akustische Untersuchungen 137. — Resonanz in Hohlräumen 138. — Resonanztöne der Mundhöhle 138. — Tönender Sand 140.

Optik 146
Theorie der Lichtbewegung 146
Zusammenhang zwischen Wellenlänge und lebendiger Kraft 146. — Lommel's Theorie der Absorption u. Fluorescenz 147.
Spectralanalyse 160
Wiedemann's Theorie der Spectralerscheinungen 160. — Lockyer's Untersuchungen über die Natur der Elemente 170. — Absorptionsspectra 184.

Elektricität und Magnetismus 189
Erregung und Entladung von Elektricität 189
Reibungsströme 189. — Capillar-Elektricität 191. — Theorie der galvan. Ströme, welche durch Concentrationsunterschiede in Flüssigkeiten hervorgerufen werden 192. — Electricitätserregung beim Contact fester und gasförmiger Körper 193. — Entladung der Elektricität in Gasen: Versuche von Warren de la Rue und Müller 196; Versuche von W. Crookes 209.
Elektrisches Licht 215
Edison's Lampe 216. — Werdermann's Lampe 217. — Hefner von Alteneck's Lampe 220. — Jamin's elektrischer Brenner 221. — Regnier's Lampe 222. — Sawyer und Man's Lampe 223. — Thomson und Houston's Lampe 224. — Lampe von Marcus und Egger 224. — Stöhrer's Kohlenlicht-Regulator 226.
Telephon und Mikrophon 226
Theoretische Erörterungen 226. — Telephon mit Hufeisenmagnet von Siemens und Halske 229. — Ader's Telephon 230. — Edison's neue Formen des Telephons 231. — Gower's Uhr-Telephon 232. — Lüdtge's Mikrophon 235. — Blyth's Mikrophon 237. — Anwendungen des Mikrophons 238.
Das telegraphische Gegensprechen 240

Seite

Physik der Erde und Meteorologie 248
Die mittlere Dichte der Erde 248
Mittlere Tiefe der Oceane und Massenverhältniß von Land und Wasser 249
Größte gelothete Meerestiefen und niedrigste Temperaturen des Meeresbodens in den Oceanen 253
Meeresströme 255

Chemie und chemische Technologie.

Die Vorbereitung für den Eintritt in die chemische Technik . . . 257
Die Elemente und einige Verbindungen derselben 274
Atmosphärische Luft: Die Veränderlichkeit der Zusammensetzung der atmosphärischen Luft 274
Mineralwasser: Der Mineralwasserapparat von Beins, Hoen und Corver 275
Brom: Frank's continuirlich wirkender Apparat zur Bromgewinnung 277
Jod: Die Jodproduction in der Provinz Jarapaca 279. — Die Fabrikation von Jod aus Kelp resp. Varech 280. — Jodkalium 288
Schwefel: Gewinnung des Schwefels aus Erzen mittelst überhitzten Wasserdampfes 289. — Darstellung von Schwefel aus Sodarückständen ꝛc. 289. — Pentathionsäure 291. — Unterschweflige Säure als Bleichflüssigkeit 292. — Ueberschwefelsäure 295
Silicium. 296
Silicium-Metalle 296. — Emailfarbe als Ersatz für Bleiweiß 298. — Glas: Chemische Zusammensetzung der Gläser 299; Hartglas 304; Preßhartglas 306; Siemens' Schnellkühlverfahren für Glaswaaren 309; Topasglas 313; Irisirendes Glas 314
Magnesium: Chlormagnesium als Füllmasse für Gasuhren 315; zum Entkletten oder Carbonisiren der Wolle . . . 315
Calcium: Zusammensetzung des Calciums 316
Strontium: Kohlensaurer Strontian 317
Aluminium: Bauxit in Deutschland 317. — Herstellung von künstlichem Korund, Rubin und Saphir 318. — Ultramarin: Deutschland's Ultramarinproduction 319; Kieselarmes und kieselreiches Ultramarin 320; Fabrikationsmethoden 321; Chemische Constitution des Ultramarins 323; Krystallisationsfähigkeit des Ultramarins 339. — Selen- und Tellur-Ultramarin 340; Silber-Ultramarin 340; Kalium-Ultramarin 341; Ultramarine mit organischen Radicalen 341; Ultramarinviolett, -roth und -gelb 342
Zink: Zinkhaltige Geräthe 345; Zinkoxysulfuret als Ersatzmittel für Bleiweiß 347

Seite

Nickel: Rumeït, ein neuer Schmuckstein 347. — Herstellung von walzbarem Nickel und Kobalt 348
Eisen: Bessemerproceß 350. — Krupp's Verfahren zum Entphosphoru des Roheisens 353
Kupfer: Zusammensetzung der in Frankreich gebräuchlichen Broncemetalle 361. — Die Phosphorbronce und ihre Verwendung 362. — Phosphorlagermetall 365. — Verwendung des Phosphorkupfers bei der Kupferaffination 367. — Kupfermangan 369
Neu entdeckte Elemente: Philippium, Decipium, Mosendrum, Ytterbium, Scandium 371

Organische Verbindungen 371
Anilinfarbenindustrie: Gewinnung von Benzol und Toluol aus dem Steinkohlentheer 373. — Fabrikation des Anilins und Toluidins 379. — Fuchsin oder Rosanilinroth 386. — Triphenylrosanilinblau (Anilinblau) 406. — Diphenylaminblau 415. — Jodviolett und Jodgrün 420. — Methylanilinviolett (Methylviolett) 424. — Methylanilingrün (Methylgrün) 432
Leuchtgas: Retortenöfen mit Generatorgasheizung 434. — Statistisches über die Gasfabrikation in Deutschland . . 441

Nekrolog für das Jahr 1878 442

Jahrbuch der Erfindungen.

I.

Astronomie.

Bei dem Rückblicke auf die wichtigeren Forschungen und Entdeckungen, die aus der jüngsten Vergangenheit auf dem Gebiete der Astronomie zu verzeichnen sind, wenden wir unsere Aufmerksamkeit zunächst den auf

die Sonne

bezüglichen Arbeiten zu. Ein durch Genialität, wie durch glückliche Erfolge gleich ausgezeichneter Forscher auf diesem Gebiete, der französische Akademiker Pierre Jules César Janssen, hat jüngst darauf hingewiesen [1]), daß man sich die Größe der Fortschritte, welche die jetzige Generation in der Erkenntniß der Natur der Sonne gemacht hat, nicht drastischer vor Augen führen kann als durch die Erinnerung an die Vorstellungen, welche in dieser Hinsicht noch um die Mitte dieses Jahrhunderts unter den Koryphäen der Wissenschaft herrschend waren. So sagt Arago in seiner Populären Astronomie (Bd. 2, S. 160 der Hankel'schen Uebersetzung): „Wenn man einfach die Frage stellte: ist die Sonne bewohnt? so würde ich antworten, daß ich Nichts darüber wisse. Wenn man mich aber fragt, ob die Sonne von Wesen bewohnt werden kann, welche analoge Organisation haben wie die, welche unsere Erde bevölkern, so würde ich nicht anstehen eine bejahende Antwort zu ertheilen". Mit Recht bemerkt Janssen, daß heutigen Tages eine solche Antwort „fast

1) Notice sur les progrès récents de la physique solaire im Annuaire pour l'an 1879, publié par le bureau des longitudes, p. 623—685.

eine Monstrosität" sein würde. Arago und seine Zeitgenossen huldigten nach der Ansicht des älteren Herschel, der sich den Kern der Sonne dunkel und relativ kalt dachte, umgeben mit einer Atmosphäre, in welcher eine Schicht stark reflectirender Wolken schwebt, welche die Licht- und Wärmestrahlen der äußeren, leuchtenden Schicht, der Photosphäre, zurückwerfen. Erst der Entwickelung der Spectralanalyse seit 1860 war es vorbehalten, den Zauber des großen Namens dieser physikalisch gänzlich unhaltbaren Hypothese zu brechen und die letztere für immer zu beseitigen. Die Spectralanalyse hat denn auch einen hervorragenden Antheil an den Fortschritten, welche wir in den letzten Jahrzehnten nicht nur in der Berichtigung und Erweiterung unserer Kenntnisse von der Sonne, sondern in der Astrophysik überhaupt gemacht haben. Aber Janssen hat ganz Recht, wenn er in der citirten Abhandlung davor warnt, ihr allein die raschen Fortschritte zuzuschreiben, welche die physikalische Astronomie täglich macht, und vornehmlich die, welche sie noch zu machen berufen ist. „Die Zukunft der physikalischen Astronomie beruht auf der Gesammtheit der Entdeckungen, welche im Kreise der physikalischen, chemischen und geologischen Wissenschaften gemacht werden. Sie muß wechselsweise je nach Bedürfniß aus der einen und der andern dieser Wissenschaften zu schöpfen wissen, und indem sie bei passender Gelegenheit die so entlehnten Hilfsmittel wechselt, erweitert sie unaufhörlich ihren Gesichtskreis".

Neuerdings hat nun, wie bereits im vorigen Jahrg. dieses Jahrbuches, S. 55, erwähnt worden ist, die Photographie der Astrophysik einen bedeutenden Dienst geleistet, indem es Janssen gelungen ist, Lichtbilder von der Sonne zu erhalten, auf denen man mit der Lupe Einzelheiten erkennt, welche auch die kräftigsten Fernröhre dem Auge nicht zu zeigen vermögen. Es ist bereits erwähnt worden, daß Janssen dieses Resultat in erster Linie durch Abkürzung der Expositionszeit erlangt hat, die im Sommer nur $^1/_{3000}$, $^1/_{4000}$ und selbst $^1/_{6000}$ Secunde beträgt und auch in der ungünstigen Jahreszeit sich nicht über $^1/_{500}$ Secunde erhebt. Zu dem Zweck bedient er sich eines besondern a. a. O. abgebildeten Apparates, der im Brennpunkte des Objectivs in das Fernrohr eingeschaltet wird. Derselbe besteht aus einer Platte mit kreisförmiger Oeffnung in der Mitte, in welcher das volle Sonnenbild entsteht. Könnten die Lichtstrahlen

ungehindert weiter gehen, so würden sie auf das Ocular fallen und dann auf der photographischen Platte ein vergrößertes Bild der Sonne geben. Durch eine zwischen Führungsrollen bewegliche, mit einem Spalt von verstellbarer Weite versehenen Platte, wird aber diese Oeffnung verdeckt, und nur wenn der Spalt bei der Bewegung der Platte gerade über jene Oeffnung zu stehen kommt, kann das Licht durchgehen. Die Bewegung wird durch ein Paar Federn bewirkt, welche die Platte nach der einen Seite zu ziehen suchen. Zunächst wird dieselbe aber durch einen Faden festgehalten, und erst wenn man diesen durchschneidet, kann sie dem Zuge der Federn folgen und der Spalt geht nun mit großer Geschwindigkeit vor den kreisförmigen Oeffnung der festen Platte vorüber. Die Strahlen, die von den verschiedenen Theilen des reellen Sonnenbildes herkommen, können so nach und nach durch die Oeffnung gehen und auf der photographischen Platte zur Wirkung gelangen. Damit während der Entstehung des Bildes die Bewegung ganz gleichförmig wird und die Dauer der Exposition für jeden Theil der Sonne die gleiche ist, hat Janssen die Anordnung derart getroffen, daß die Federn in dem Momente zu wirken aufhören, in welchem der Spalt vor die feststehende Oeffnung tritt, so daß von jetzt ab die verschiebbare Platte nur noch mit der bereits erlangten Geschwindigkeit weiter geht.

Um die Geschwindigkeit der Bewegung zu bestimmen, aus der sich die Expositionszeit durch eine einfache Rechnung finden läßt, bringt Janssen auf der beweglichen Platte eine kleine geschwärzte Glastafel an, auf welcher ein kleiner an einer vibrirenden Stimmgabel angebrachter Stift die Schwingungen der letzteren aufzeichnet.

Große Sorgfalt ist auch auf die Herstellung des Collodiums zu verwenden. Die Schießbaumwolle wird aus 500 Gramm Schwefelsäure, 500 Gr. Salpeter und 15 Gr. Baumwolle in der Weise hergestellt, daß man in einer Porzellanschale den Salpeter in kleinen Portionen und unter beständigem Umrühren in die Schwefelsäure einbringt, so daß eine ganz gleichförmige Lösung erhalten wird. Die Temperatur beträgt hierbei etwa 60° und wird nun auf 80° erhöht und im Sandbade auf dieser Höhe erhalten, worauf man man die vorher sorgfältig getrocknete und aufgelockerte Baumwolle in kleinen Partien in die Flüssig-

keit bringt, und dabei behufs vollständiger Imprägnation gegen die Schale drückt. Die Dauer der Immersion beträgt 6 bis höchstens 10 Minuten. Alsdann schüttet man die Baumwolle in eine große Menge Wasser und rührt lebhaft um, damit das an den Fasern haftende Salz aufgelöst wird. Mit dem Auswaschen wird mehrere Stunden fortgefahren, bis das letzte Wasser keine saure Reaction mehr zeigt. Dann drückt man die Baumwolle aus, lockert sie und läßt sie an freier Luft trocknen, wobei man sie sorgfältig vor Staub zu schützen hat, weil anhaftende Staubtheilchen beim Entwickeln des Bildes kometenförmige Flecke verursachen. Die fertige Schießbaumwolle hat etwa 1/4 mehr als das ursprüngliche Gewicht.

Zur Collodiumbereitung dienen 400 Gr. Alkohol von 40 Grad, 600 Gr. Schwefeläther von 62 Grad, 15 Gr. Schießbaumwolle, 4 Gr. Ammoniumjodür, 5 Gr. Kadmiumjodür, 2 Gr. Kaliumjodür, 1 Gr. Ammoniumbromür und 1 Gr. Kadmiumbromür. Das Collodium muß mit großer Gleichmäßigkeit auf den gut gereinigten Glastafeln ausgebreitet werden. Die Silberbäder müssen von peinlicher Reinheit und frisch bereitet sein.

Nach dem Belichten wird mit Eisen langsam entwickelt, dann sorgfältigst gewaschen und hierauf mit Pyrogallussäure und Silber verstärkt.

Von den Janssen'schen Originalplatten stellen Lemercier u. Co. in Paris Copien auf bichromatisirten Gelatineplatten her, die dann in Blei abgedrückt und zur Herstellung von Abbildungen auf Papier verwendet werden. Der citirten Abhandlung von Janssen sind ein Paar solche photoglyptische, ohne Beihilfe der Hand erhaltene Darstellungen von 1. Juni 1878 beigegeben, die u. a. recht deutlich erkennen lassen, welch bedeutenden Wechsel die Granulation und das photosphärische Netz in der kurzen Zeit von 50 Minuten erfahren kann.

Die Gestalt der Granulationen und des photosphärischen Netzes auf der Sonnenfläche sind bereits im vorigen Jahrgange dieses Jahrbuches geschildert worden; auch ist daselbst bereits der Art und Weise gedacht worden, wie Janssen die Entstehung dieser Gebilde auf der flüssigen Oberfläche durch aus dem Innern hervorbrechende Wasserstoffströme zu erklären versucht. Janssen findet in diesen Erscheinungen einen neuen Beweis für die Richtigkeit der Kant-Laplace'schen Hypothese über

den Ursprung unsers Sonnensystems. „Der Wasserstoff bildet das herrschende Element in der Zusammensetzung der Nebel und der Hauptsterne. Nun spielt Wasserstoff auch eine Rolle von größter Bedeutung für die Constitution der Sonne: dieses Gas bricht aus den Tiefen der Photosphäre, steigt durch diese wolkige Schicht von metallischen Staubtheilchen und Tropfen empor, mengt dieselben untereinander und trägt sie an die Oberfläche, wo sie uns ihr helles Licht zusenden; dann, beim weitern Emporsteigen, bildet es die Protuberanzen, welche wieder die Corona unterhalten, die ein nothwendiges Durchgangsmittel zwischen den schweren Metalldämpfen der Photosphäre und den Himmelsräumen bildet. Ohne Zweifel spielt der Wasserstoff im Bezug auf die photosphärischen Wolken (die Granulationen) die Rolle atmosphärischer Strömungen, welche die irdischen Wolken tragen und sie verhindern zur Erdoberfläche herab zu kommen. In diesen photosphärischen Wolken aber hat fast ausschließlich die Leuchtkraft der Sonne ihren Sitz. Auch ist in jeder Hinsicht vortrefflich für ihre Unterhaltung gesorgt ... Ist es nicht offenbar, daß diese photosphärischen Wolken, wenn sie fest auf der Sonnenoberfläche wären, durch die eigene Strahlung bald erschöpft sein würden. Die Ausstrahlung bewirkt aber eine noch weitere Verdichtung, macht die Theilchen schwerer und erzeugt feste oder doch dichtere flüssige Partien in ihnen, die dann durch ihr Gewicht nach dem Mittelpunkte zu sinken, dort verdampfen und durch Wasserstoffströme wieder zur Oberfläche emporgeführt werden, worauf der Kreislauf von neuem bis ins Unbegrenzte sich wiederholt. Damit aber diese Erscheinungen stattfinden können, ist es nothwendig, daß die Sonne in einer gewissen Tiefe wärmer ist, als an ihrer Oberfläche. Auch sehe ich mich, je weiter ich in diesen Studium vorschreite, immer mehr zur Anerkennung dieser Hauptwahrheit genöthigt: eines Sonnenkernes nämlich, welcher das Reservoir bildet für die zur Unterhaltung der Photosphäre nöthige Wärme ... So bestätigt sich immer mehr der Ursprung der Sonne aus einem Nebel ...“

Das vergangene Jahr brachte uns auch eine **totale Sonnenfinsterniß am 29. Juni**, deren wesentlichste Umstände das Diagramm Figur 1 zur Anschauung bringt.[1]) Wie man sieht, durchschnitt die Linie der centralen

1) Nach dem Nautical Almanac for 1878.

Verfinsterung den Continent von Nordamerika bis zum Golf von Mexiko, um sich von da nach Cuba und Haiti zu wenden. Die centrale Finsterniß begann um 8 Uhr 24 Min. abends mittl. Greenwicher Zeit an einem Punkte im nördlichen Asien in 117° 42′ östl. Länge von Greenwich und 54° 14, nördl.

Fig. 1.

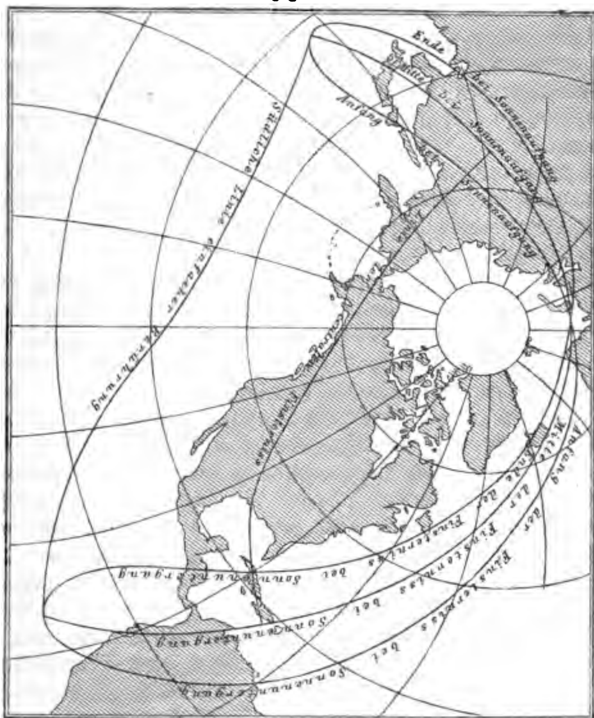


Fig. 1. Totale Sonnenfinsterniß vom 29. Juli 1878.

Breite und endete 11 Uhr 10 Min. in 69° 45′ westl. Länge und 17° 36′ nördl. Breite. Die Dauer der Totalität war am größten, nämlich 3 Min. 12 Sec., an einem Orte im westlichen Canada in 123° 30′ westl. Länge und 53° 30′ nördl. Breite; bei Denver in Colorado, einem der wichtigsten Beobachtungs-punkte in der Union, betrug sie 2 Min. 55 Sec.

Außerordentliche Anstrengungen wurden von den Astronomen der Vereinigten Staaten gemacht, um brauchbare Resultate zu gewinnen. Längs der ganzen Linie der Totalität, von dem wunderbaren Yellowstone National-Park bis zum Mexikanischen Meerbusen hatten sie zahlreiche Beobachtungsstationen errichtet, von denen hier nur die bedeutendsten erwähnt werden mögen. In der Nähe des Kreuzungspunktes der Pacificbahn mit jener Linie, in Rawlins, Separation, Fulmore und Creton beobachteten die Professoren Newcomb, Harkneß, Draper und Watson mit ihren Assistenten, in Rawlins war auch der Engländer Lockyer thätig; in der Mitte der Linie, bei Denver und auf Pikes Peak waren die Professoren Young, Holden, Langley, Cleveland Abbe und General Myer aufgestellt, und im Süden, in Puebla und Las Animas, die Professoren Hall und Wright, sowie aus der Alten Welt Prof. Thorpe und Dr. A. Schuster.

Die Beobachtungen haben nun besondere Bedeutung für die Erkenntniß der Natur der Corona.[1]) Diese erschien der Mehrzahl der Beobachter weniger entwickelt als bei der Finsterniß von 1869, ähnlich wie bei den Beobachtungen der Finsterniß von 1870 bei Gibraltar und auf Sicilien.

Ihre Durchsichtigkeit wurde von Burnham constatirt, der den in der Nähe der Sonne sichtbaren Stern ζ im Krebs aufsuchte und während der Finsterniß deutlich durch die Corona hindurch beobachtete.

Ferner wurden zahlreiche Photographien der Corona und ihres Spectrums gewonnen. Auf einer der ersteren erstreckte sich die Corona an manchen Stellen bis zu einer Höhe von mehr als 20 Bogenminuten, d. i. über 116000 geogr. Meilen. Das Spectrum der Corona besteht aus einem continuirlichen Spectrum mit schwach auftretenden dunkeln Fraunhofer'schen Linien, aus dem Spectrum des Wasserstoffs und aus einer grünen Linie, 1474 der Kirchhoff'schen Scala. Letztere war während der letzten Finsterniß nur sehr schwach oder auch gar nicht zu beobachten; im spaltlosen Spectroskop war sie nicht sichtbar und in dem mit Spalt versehenen nur in der Nähe der Sonne. Das continuirliche Spectrum verschwand rings um die Sonne

1) Vergl. die Berichte von Lockyer in Nature XVIII, p. 457, von Draper das. p. 462; von Dr. A. Schuster das. XIX, p. 211.

etwa in demselben Abstande, wie Prof. Eastman constatirt, obwohl die Corona nicht allenthalben die gleiche Intensität zeigte. Das Linienspectrum zeigte sich diesmal viel schwächer, als bei früheren Finsternissen, was nach Prof. Youngs Meinung wohl damit zusammenhängt, daß wir in den letzten Jahren durch ein Minimum der Sonnenflecken gegangen sind.

Das Licht der Corona ist, wie Prof. Morton in Uebereinstimmung mit frühern Beobachtungen fand, in Richtung des Sonnenradius polarisirt.

Endlich ist noch zu erwähnen, daß auch Edison mit seinem neuerfundenen Tasimeter (vergl. den vorigen Jahrg. dieses Jahrb. S. 243) versucht hat, die Wärmewirkung der Corona nachzuweisen. Diese Wärme genügte in der That, den Licht-Index ganz aus der Scala des Galvanometers zu werfen.

Die Corona sendet uns hiernach gewöhnliches Sonnenlicht zu, das reflectirt ist von einer Wolke von Meteoren, welche die Sonne umgeben. Bei frühern Gelegenheiten waren in dieser Wolke auch Wasserstoff und die Substanz, welche die Coronalinie 1474 giebt, in großer Menge vorhanden, die von der Chromosphäre emporgetrieben werden; jetzt, wo sich die Chromosphäre in einem Zustand der Ruhe befindet, sind diese Körper nur in kaum merkbarem Grade vorhanden. Die wiederholt beobachtete angenähert symmetrische Anordnung der Corona zur Sonnenachse und ihre größere Ausdehnung in Richtung des Aequators schreibt Dr. A. Schuster einem Meteorschwarme zu, der sich ungefähr in der Ebene des Aequators in einer sehr excentrischen Bahn bewegt. Beim Durchgange durch das Perihel stürzt eine Zahl dieser Meteore, in Folge der vermehrten Möglichkeit von Zusammenstößen, in die Sonne, verursacht hier durch ihren Sturz eine locale Temperaturerhöhung und giebt Anlaß zu Strömungen in der Sonnenoberfläche und zu Cyklonen, die uns als Sonnenflecken erscheinen. Wenn wir uns die Anordnung der Meteore derart denken, daß allen 11 Jahre die größte Menge durch das Perihel geht, so ist die Periodicität der Sonnenflecken, sowie auch die damit zusammenhängende Formänderung der Corona erklärlich.

Protuberanzen. Das schon im Jahre 1877 sehr auffällige Minimum der Sonnenfleckenhäufigkeit hat auch noch im vergangenen Jahre über Erwarten lange angehalten. Doch

sind seit Mitte dieses Jahres mehrfach bedeutende Protuberanzen vorgekommen, darunter auch einige die zu wichtigen Folgerungen Anlaß geben.

Prof. Spoerer hat früher (s. dieses Jahrb. VIII, S. 56) zwei Classen von Protuberanzen unterschieden: die gewöhnlichen Wasserstoff-Protuberanzen und die flammigen Protuberanzen, welche später Secchi mit dem Namen „metallische" Protuberanzen belegt hat, weil es vornehmlich metallische Stoffe sind, deren Linien außer den Linien H und D_3 im Spectrum derselben auftreten.

Manche der gewöhnlichen Wasserstoff-Protuberanzen entstehen wahrscheinlich, indem Stürme das Wasserstoffmeer auf der Sonne zu mächtigen Wogen und Wirbeln emportreiben; wenigstens entwickeln sie sich nach Spoerer's Angabe oft ganz in der Weise, wie es unsern Tromben entspricht. Viele der größeren Wasserstoff-Protuberanzen entstehen aber auch durch Eruptionen aus dem Innern des Sonnenkörpers; mehr noch aber ist man geneigt, die flammigen Protuberanzen als Eruptionsproducte zu betrachten. Daß Spoerer auch an eine Mitwirkung elektrischer Kräfte gedacht, ist bereits a. a. O. erwähnt worden.

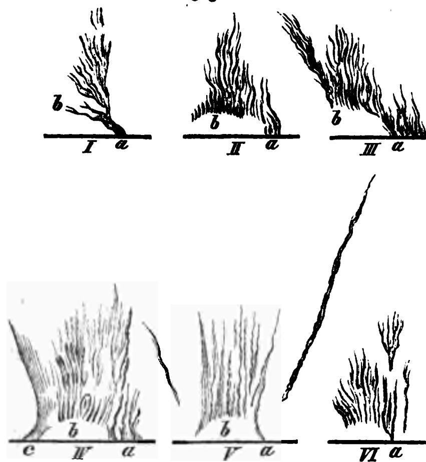
Neuerdings [1]) hat derselbe nun die Vermuthung ausgesprochen, daß bisweilen „helle Protuberanzen nicht von der Oberfläche ausgehen, und auch nicht von der Wasserstoffhülle, sondern erst in einiger Höhe gebildet werden, daß also vielleicht bei der geringeren Temperatur, welche in größeren Höhen herrscht, chemische Verbindungen stattfinden, und erst durch solche das intensive Aufleuchten bewirkt wird." Obwohl dieser Gedanke kaum ganz neu ist, so waren doch bis dahin keine Formen der Protuberanzen bekannt gemacht, welche dieser Auffassung entschieden günstig waren. Man kannte freilich Protuberanzen, die völlig getrennt von der Sonnenoberfläche beobachtet wurden, und Spoerer hat in den fünf ersten Bänden der Memorie der italienischen spectroskopischen Gesellschaft eine größere Anzahl derartiger Beobachtungen nachgewiesen. Man kann aber diesen Beobachtungen gegenüber den Einwand erheben, daß diese Gebilde wahrscheinlich nur Ueberreste seien von größeren Gebilden, welche vorher ihren Ursprung an der Sonnenoberfläche hatten. Dieser Einwand ist völlig berechtigt, da man oft beobachtet hat,

1) Monatsberichte der Berl. Akad. d. Wissensch. Nov. 1878, S. 753.

„wie intensiv leuchtende Protuberanzen theilweise dunkel wurden, namentlich auch der Fuß einer Protuberanz unsichtbar wurde, während der obere Theil verblieb." Es hat nun Spoerer in Vereine mit Dr. Kempf im Juli und August vor. J. einige Protuberanzen beobachtet, bei denen es völlig sicher ist, daß das getrennt von der Oberfläche gesehene helle Gebilde nicht als solches von derselben herstammt.

Der ausgezeichnetste Fall wurde am 22. Juli von 5 Uhr 30 Min. bis 6 Uhr 50 Min. beobachtet, vergl. Fig. 2, wo die Protuberanz dargestellt ist I um 5 Uhr 32 Min., II 5 Uhr 47 Min., III 5 Uhr 55 Min., IV 6 Uhr 12 Min., V 6 Uhr 23 Min. und VI 6 Uhr 44 Min. Dieselbe befand sich in 35° bis 40° südl. Breite und erreichte 46" oder 34000 Kilomet. Höhe. Zunächst erschien die Protuberanz in der Form I, einen bei a stattfindendeu Ausbruch andeutend, die oberen Theile durch Stürme nach links abgelenkt. Der Bogen b dehnte sich später weiter nach links aus, bis er die Oberfläche wieder berührte und ein dunkles Segment überspannte. Merkwürdig waren in II die intensiv hellen Strahlen b, welche senkrecht von der Begrenzung dieses Segments ausgingen und getrennt von der Sonnenoberfläche um 5 Uhr 47 Min. entstanden. „Die Richtung der Strahlen erlaubt es nicht, dieselben aufzufassen als Theile, welche etwa durch Stürme von der rechts befindlichen Protuberanz abgerissen worden wären." Es folgten dann überaus schnelle und mannigfaltige Aenderungen. Um 6 Uhr 12 Min. (IV) erschien ein vollständiger Bogen abc; das dichtere Gebilde in III hatte

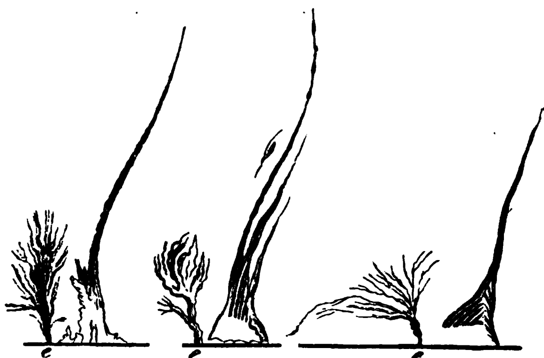
Fig. 2.



sich im unteren Theile gelockert, aber es waren wieder glänzende Spitzen, senkrecht zum Bogen, vorhanden; bei a und c erhoben sich hohe Strahlen. Dann erlangte abermals das Gebilde über b größere Dimensionen, bis 6 Uhr 23 Min., wo rechts ein neuer Strahl auftrat, der noch höher hinaufragte als die übrigen Theile, nämlich bis 61″ oder 46000 Kilom., aber nur kurze Zeit stehen blieb.

Wären die senkrechten Strahlen bei b in II und IV und die größeren daselbst auftretenden Protuberanzen in III, V und VI in Verbindung mit der Sonnenoberfläche gewesen und hätte daß dunkle Segment nur den Vordergrund gebildet, indem dunkle und dichte Gase die dahinter gelegenen hellen Theile ver-

Fig. 3.



deckten, so hätte das Segment als Sonnenfleck erscheinen müssen, sobald es sich nicht mehr am äußersten Rande befand. Bei seinen enormen Dimensionen hätte der Fleck auch am folgenden Tage noch nicht völlig verschwunden sein können und man hätte am 23. Juli mindestens einen Ueberrest wirklich als Fleck sehen müssen. Aber weder am 23. noch an den folgenden Tagen waren Flecke vorhanden, ausgenommen am 26. Juli zwei kleine auf der nördlichen Halbkugel. Erfahrungsmäßig ist auch in der hohen südlichen Breite der Protuberanz noch niemals ein so großer Fleck vorgekommen.

Ein weniger großartiges Beispiel wurde 24. Juli beobachtet. Die ausgezeichnete Protuberanz vom 9. August endlich,

welche in Fig. 3 (I um 4 Uhr 30 Min., II 5 Uhr 3 Min., III 5 Uhr 30 Min.) dargestellt ist, zeigt in II ein Segment, über welchem Strahlen beginnen, die sich nach oben vereinigen und bis zur Höhe von 79″ oder 60000 Kilom. reichen. In III ist das Segment noch theilweise erhalten. Links bei e tritt mehr der eruptive Charakter auf, wobei bemerkenswerth ist, daß die Massen oberhalb e durch Stürme nach links getrieben sind, was man an dem großen Gebilde rechts nicht bemerkt.

Die Rotationszeit der Sonne, abgeleitet aus meteorologischen Beobachtungen. — Nervander scheint der Erste gewesen zu sein, welcher aus den Pariser und Innsbrucker Temperaturbeobachtungen eine ungefähr in 27¼ Tagen periodisch wiederkehrende Temperaturschwankung von ½° R. ableitete, und ungefähr gleichzeitig hat Buys-Ballot, von der Annahme ausgehend, daß eine Art Wärmepol auf der Sonne existire und daß sich demnach die Rotationszeit der Sonne in den Temperaturbeobachtungen auf der Erde wiederspiegeln müsse, eine Periode von 27,682 Tagen ermittelt. Er zeigte auch, daß der kälteren Seite der Sonne, die uns am 1. Januar 1846 gegenüberstand, eine durchschnittlich um 0° 7 C. niedrigere Temperatur entsprach, als der wärmern Hälfte vom 15. Januar 1846. Später zeigten dann Prof. C. Hornstein in Prag und C. Braun, daß man diese Rotationszeit aus einer weit kürzeren, etwa einjährigen Reihe von magnetischen und Barometer-Beobachtungen ableiten kann.

Es hat nun neuerdings Dr. G. Gruß, Assistent am Wiener Polytechnicum, aus den Prager Temperaturbeobachtungen nach der von Hornstein im 67. Bd. der Wiener Akad. Sitzungsberichte angegebenen Methode eine Rotationszeit der Sonne von 25, 26 Tagen abgeleitet.[1]) Nach Carringtons Beobachtungen würde sich für den thermischen Aequator der Sonne eine Breite von 10° bis 20°, nach denen Spoerer's eine solche von 13 bis 14° ergeben. Da neuerdings auch behauptet worden ist, daß die Veränderung der Kräfte der Sonne sich in den meteorologischen Veränderungen abspiegelt, so hat Gruß auch die Wind-Componenten des Jahres 1870 in ihrer Beziehung zur Rotation der Sonne untersucht und aus den Ost-West-

1) Astron. Nachr. Bd. 94, Nr. 2238, S. 93.

Componenten den Werth von 26, 71 Tagen für die Sonnenrotationszeit berechnet. „Ob aus diesem Resultate auf eine Correspondenz zwischen herrschenden Winden auf der Sonne, die Spoerer aus seinen Fleckenbeobachtungen abgeleitet hat, zu schließen wäre, wird eine nähere Untersuchung entscheiden."

Die Planeten und ihre Monde.

Der intermerkuriale Planet. Während der totalen Sonnenfinsterniß vom 29. Juni vorigen Jahres wurde von zahlreichen Beobachtern die Umgebung der Sonne durchmustert, um womöglich den von Leverrier vermutheten, innerhalb der Merkursbahn um die Sonne laufenden Planeten aufzufinden. Aber nur zwei von ihnen waren so glücklich, eine Beobachtung zu machen, die sie in diesem Sinne deuteten. Der eine dieser Astronomen ist der als Planetoidenentdecker bekannte Professor Watson von Ann Arbor, welcher in der Nähe von Rawlins in Wyoming beobachtete; der andere, Swift aus Rochester, dessen Station Denver war, gilt ebenfalls für einen geübten Beobachter. Beide erblickten etwa 3° südöstlich von der Sonne einen kleinen Stern 4. bis 5. Größe, den sie für den gesuchten Planeten Vulkan hielten. Watson will nach einer spätern Mittheilung sogar zwei solche Objecte gesehen haben. Neuerdings hat indessen Prof. C. H. F. Peters in Clinton gegen die Richtigkeit dieser Deutung nicht unerhebliche Zweifel geäußert [2]) und die Meinung ausgesprochen, daß der angebliche Planet mit dem Stern d im Krebs identisch sein möge und daß das Gesammtresultat der amerikanischen Beobachtungen für die Nichtexistenz eines solchen intramerkurialen Planeten spreche.

Später hat Prof. Th. von Oppolzer in Wien aus den Beobachtungen der Vorübergäuge dunkler Körper vor der Sonnenscheibe von Fritsch 1802 März 29 und October 10, Stark 1819 October 9, Decuppis 1839 October 2, Sidebotham 1849 März 12, Ohrt 1857 September 12, Lescarbault 1859 März 26 und Loomis 1862 März 19 ein Elementensystem berechnet, dem zufolge der vermuthete Planet einen Abstand von etwa 2½ Millionen Meilen von der Sonne und eine Umlaufszeit von beiläufig 17 Tagen besitzen und am 19. März

1) Astr. Nachr. Bd. 94, No. 2253—55.

1879 nahezu 5 Stunden vor der Sonnenscheibe sichtbar sein sollte. An dem genannten Tage ist aber kein solcher Körper vor der Sonne gesehn werden.

Wir sind also der Entscheidung der Frage, ob ein solcher intramerkurialer Planet existirt oder nicht, immer noch nicht wesentlich näher gerückt.

Bei dieser Gelegenheit mag noch der Auffindung einer älteren Beobachtung eines Vorüberganges eines solchen vermeintlichen Planeten vor der Sonnenscheibe Erwähnung geschehen. Es hat nämlich Pater Ferrari, der Director der Sternwarte des Collegio Romano in Rom bei seinen auf Veranlassung Oppolzers unternommenen Nachforschungen über eine derartige Beobachtung von Decuppis vom 2. October 1839 einige Angaben über eine ähnliche Beobachtung von De Vico aufgefunden, die in dem von C. Haase gegebenen Verzeichnisse (Zeitschr. für populäre Mittheil. aus dem Gebiete der Astronomie &c. Bd. II, S. 165. Altona 1863) sich nicht findet. In der „Memoria intorno ad alcune osservazioni fatte alla specola del Collegio Romano, 1838", p. 15, findet sich nur das Beobachtungsjahr 1837 angegeben; einen ausführlicheren Bericht giebt Decuppis, ein Freund und häufiger Mitarbeiter von De Vico in der Zeitschrift „L' Album" von 7. Juli 1838: „Bei einer Beobachtung vom 12. Juli 1837 gelang es dem Astronomen des Collegio Romano die Erscheinung wiederholt zu beobachten an einem kleinen, vollkommen runden Flecken, der keine Spur der sogenannten Penumbra zeigte und in der kurzen Zeit von 6 Stunden über einen großen Theil der Sonnenscheibe wegging.

Merkur. — Am 6. Mai vorigen Jahres war ein Vorübergang dieses Planeten vor der Sonne zu beobachten, der fünfundzwanzigste, der bis jetzt beobachtet worden. Den ersten Merkursdurchgang, welchen Kepler vorausgesagt hatte, beobachtete am 7. November 1631 Gassendi in Paris, indem er durch eine feine Oeffnung im Laden eines verfinsterten Zimmer's die Sonnenstrahlen auf einen weißen Schirm fallen ließ und das erhaltene Sonnenbild betrachtete. Von diesen 25 Durchgängen fielen 16 auf den aufsteigenden Knoten, also in den November, und nur 9 in den niedersteigenden, also in den Mai. Eine sorgfältige Beobachtung des vorjährigen Durchganges, war deshalb von großem Interesse, weil man hoffen konnte,

aus der Vergleichung der beobachteten Zeiten des Ein- und Austrittes mit der Vorausberechnung eine Entscheidung darüber zu erlangen, ob Leverriers Behauptung, daß die früher angenommene Perihelbewegung des Merkur vermehrt werden müsse, um mit den Beobachtungen in Einklang zu kommen, begründet sei oder nicht. In der That liefert die Leverrier'sche Hypothese eine bessere Uebereinstimmung mit den Beobachtungen als die ältere Annahme.

In Europa war nur der in den Nachmittagsstunden stattfindende Eintritt des Planeten in die Sonnenscheibe sichtbar, da der Austritt erst nach Sonnenuntergang erfolgte. Auf dem astrophysikalischen Observatorium bei Potsdam wurde der erstere von Prof. Auwers, Dr. Vogel, Dr. Lohse, Dr. Müller und Prof. Spoerer beobachtet.[1] Auffällige Erscheinungen boten sich dabei nicht dar. Der Himmel war sehr klar, aber die Luft stark bewegt. Die ganze Erscheinung verlief im Allgemeinen so, wie bei den für den Venusdurchgang an Modellen angestellten Beobachtungen mit 1200 Meter unruhiger Luft zwischen Modell und Fernrohr. Die Beurtheilung der Contactphasen wurde durch die starken Wellungen und die raschen Veränderungen des Phänomens sehr erschwert. Besondere Erwähnung dürfte die von Spoerer ausgeführte spectroskopische Beobachtung verdienen. Derselbe prüfte schon am Morgen die Stelle, wo der Eintritt stattfinden sollte, mit dem Spectroskop. Die Chromosphäre war dort niedrig und ohne Protuberanzen, Sonnenflecken waren nicht vorhanden, wie überhaupt die Sonne seit 19. März fleckenfrei war. Bei der Beobachtung des Eintritts wurde zunächst eine Einbuchtung der Chromosphäre bemerkt, etwa dem Positionswinkel 49° entsprechend. Dann zog, dieser Stelle entsprechend, eine kaum bemerkbare Bewegung durch das Spectrum, „etwa ein Flimmern zu nennen, aber so fein, daß Zweifel entstehen mußten, ob dieses wirklich existire und was es sei. Schnell verstärkte es sich aber, es wurde schleierartig, als ob höchst feine Fäden entständen und wieder verschwänden." Um 4 Uhr 5. Min. 17,7 Sec. erschien eine feine, zusehends sich verbreiternde dunkle Linie, die nach mehr als einer

1) Bericht von Auwers im Monatsber. der Berl. Akad. Mai 1878, S. 356.

Minute die Breite der Einbuchtung erlangte, um dann wieder feiner zu werden; ihre letzten Spuren wurden bis 4 Uhr 8 Min. 11,7 Sec. verfolgt. Die Linie war „genau von der Art, wie man es bei engem Spalt beobachtet, wenn sich ein Stäubchen im Spalt befindet, senkrecht zu den Spectrallinien und die ganze Länge des Spectrums durchziehend."

Die angegebenen Zeiten, 4 Uhr 5 Min. 17,7 Sec. und 4 Uhr 8 Min. 11,7 Sec., sind für die spectroskopische Beobachtung als Zeiten der äußeren und der innern Berührung zu betrachten. Für den ersten Moment fand Dr. Vogel bei directer Beobachtung 4 Uhr 5 Min. 4,6 Sec. und für den letzten 4 Uhr 7 Min. 59,6 Sec. „die Differenz zwischen der spectroskopischen und der directen Beobachtung stimmt" nach Auwers „mit der mehrfach erhärteten Thatsache, daß das Spectroskop den innern Durchmesser der Chromosphäre um einen indeß noch nicht genau bestimmten Betrag kleiner angiebt, als der Sonnendurchmesser in zusammengesetztem Licht beobachtet wird."

Eine Reihe von Messungen des Merkurshalbmessers, die von 4 Uhr 30 Min. bis 6 Uhr ausgeführt wurden, gaben erheblich kleinere Werthe (5″ 21 bis 5″ 54) als den Bessel'schen 6″ 679 für die Entfernung 1. Auwers glaubt einen ansehnlichen Theil dieser Abweichungen „daraus erklären zu sollen, daß das Fernrohr Gegenstände vor der Sonne wirklich zu klein zeigt."

In den Vereinigten Staaten beobachteten nicht nur die Astronomen der zahlreichen einheimischen Sternwarten, sondern auch die Franzosen hatten eine aus den Astronomen André und Angot bestehende Expedition abgeschickt, welche in Ogden in Utah beobachtete, wo der ganze Durchgang 7 St. 34 Min. dauerte.

Sehr schön war die Erscheinung in Washington zu beobachten; die Phänomene, welche sonst der genauen Zeitbestimmung des Contactes entgegentreten, waren nicht vorhanden. Als Momente der verschiedenen Contacte ergaben sich in mittler Washingtoner Zeit folgende:

erste (äußere)	Berührung	10	Uhr	4	Min.	55,4	Sec.	Vorm.
zweite (innere)	"	10	"	7	"	39,3	"	"
dritte (innere	"	5	"	33	"	49,7	"	Nachm.
vierte (äußere)	"	5	"	36	"	44,7	"	"

der Merkur erschien auf der Sonnenscheibe als gleichförmig

schwarzer, scharfbegrenzter Kreis, ohne Andeutung einer ihn umgebenden Atmosphäre. Es wurden eine Anzahl Messungen des Durchmessers ausgeführt, aus denen der Mittelwerth 11″ 84 folgt. Da die Entfernung des Planeten damals 0,5578 Erdbahnhalbmesser betrug, so ergiebt sich daraus der scheinbare Durchmesser des Merkur in der Einheit der Entfernung = 6″ 60. Nimmt man für die Sonnenparallaxe den Werth 8″ 83 an, so erhält man für den wahren Durchmesser des Merkur

2964 engl. Meilen = 4770 Kilom.
= 643 geogr. Meilen.

Da ein etwaiger Satellit des Merkur während des nahezu centralen Durchganges höchst wahrscheinlich hätte sichtbar sein müssen, so wurde in Washington in gewissen Zwischenzeiten systematisch nach einem solchen gesucht; aber ohne Erfolg.[1]) Auch Prof. Galle in Breslau hat in Erinnerung einer von Schenck in Schlesien beobachteten und im 10. Bd. der Astron. Nachr. S. 195 beschriebenen, auf einen Trabanten des Merkur gedeuteten Erscheinung, sehr sorgfältig auf die nächste Umgebung des Planeten geachtet, aber weder daneben, noch sonst auf der Sonnenoberfläche irgend einen Flecken wahrgenommen.[2])

Relative Lichtintensität von Merkur und Venus. Bei der am Nachmittage des 20. September 1877 eingetretenen Conjunction von Merkur und Venus, bei welcher sich die Mittelpunkte beider bis auf fast 17 Bogenminuten näherten, sowie nachher am 2. October hat Dr. Schur auf der Sternwarte Straßburg beide Planeten mit dem Heliometer beobachtet, und indem er die Objectivhälfte, welche das Venusbild gab, abblendete, bestimmte er die relative Albedo beider Planeten. Setzt man die Helligkeit des Bildes proportional der freien Fläche des Objectives, so findet sich für die Lichtstärken das Verhältniß 1 : 5,6, was nahezu mit dem von Zöllner auf anderem Wege gefundenen 1 : 5,5 übereinstimmt. Dadurch ist die Brauchbarkeit dieser Methode dargethan.[3])

Erde. — Ueber die Gestalt und Größe der Erde hat

1) Astron. Nachr. Bd. 92, Nr. 2202, S. 288.
2) Dies. Nr. 2208, S. 381.
3) Dies. Bd. 94, Nr. 2245, S. 199.

Col. A. R. Clarke eine Arbeit veröffentlicht,[1]) deren Hauptergebnisse hier folgen mögen.

Im Verlauf der letzten Jahre, 1872 bis 1877, sind in Vorderindien unter Leitung des Col. Walker eine Anzahl neuer Bogen, sowohl in meridianaler Richtung, als auch auf Parallelkreisen gemessen, sowie auch eine Revision der älteren von Col. Lambton ausgeführten Messung im Süden Indiens vorgenommen worden. Eine vollständige Kette von Dreiecken ist in meridianaler Richtung von Mangalore an der Westküste in 12° 52′ nördl. Breite und 75° östl. Länge von Greenwich bis zu einem in 32° Breite befindlichen Punkte gelegt worden; es beträgt sonach die ganze Länge des indischen Bogens 24°. Ferner wurden auf telegraphischem Wege die Längenunterschiede zwischen Mangalore, Bombay, Vizagabatam, Madras, Bangalore, Hydrabad und Bellary ermittelt und es wurde die geodätische Verbindung zwischen diesen Orten hergestellt. Die Längendifferenz zwischen Bombay und Vizagabatam beträgt 10° 28′. Zu dem so gewonnenen umfangreichen Material ist noch der vereinigte englisch-französische Meridianbogen von 22° mit 15 astronomischen Stationen, sowie der russische von 25° mit 13 Stationen hinzugenommen worden. Es ergiebt sich dann

der Polarhalbmesser c = 20 854 895 engl. Standard-Fuß,
„ Aequatorhalbm. a = 20 926 202 „ „ „ ,
oder a = 6 378 250 Meter und c = 6 356 157 Meter,

und die Abplattung ist dann $\frac{a-c}{a} = 1/293{,}456$, eine Zahl, welche den Ergebnissen der Pendelmessungen (1/291) erheblich näher kommt als die älteren geodätisch ermittelten Werthe (ungefähr 1/300).

Aus den indischen Längengradmessungen ergiebt sich aber, daß die Krümmung der Erdoberfläche in der Richtung senkrecht zum Meridian erheblich geringer ist, als bei dem Sphäroid von obigen Dimensionen. Vielleicht ist dieses Resultat auf Rechnung von Ablenkungen des Lothes an den Küstenstationen zu setzen. Clarke hat indessen auch den Versuch gemacht, die Beobachtungen durch ein dreiachsiges Ellipsoid mit

1) Philos. Magazine, August 1878, p. 81.

den Aequator-Halbachsen a und b und der Polar-Halbachse c darzustellen, und er findet

a = 20 926 629, b = 20 925 105, c = 20 854 477

Standard-Fuß oder

a = 6 378 380, b = 6 377 915, c = 6 356 388 Meter,

so daß sich für die Abplattungen der beiden Hauptmeridiane die Zahlen

$^1/_{289,5}$ und $^1/_{295,8}$

ergeben. Der erste Hauptmeridian mit der Halbachse a geht in 8° 15′ westl. Länge durch Irland und Portugal, schneidet einen Theil des nordwestlichen Zipfels von Afrika ab und trifft den Aequator im Busen von Guinea; auf der entgegengesetzten Hemisphäre geht er durch das nordöstliche Asien und die südliche Insel von Neu-Seeland. Der andere Meridian, mit der kleinen Aequatorachse geht auf der einen Erdhälfte durch Ceylon und halbirt auf der andern Asien. Der erstere theilt sonach die Erde nahezu in der üblichen Weise in eine östliche und eine westliche Hemisphäre.

Clarke bemerkt indessen, daß diesen Bestimmungen eines dreiachsigen Ellipsoides kein zu großes Gewicht beizulegen ist, und daß weit mehr Messungen nöthig sind, um die Frage zu entscheiden. Uebrigens erkennt man aus obigen Zahlen, daß die Abplattung des hypothetischen elliptischen Aequators nur sehr unbedeutend ist, nämlich $^1/_{13731,4}$ oder ungefähr $^1/_{46}$ derjenigen der Meridiane.[1])

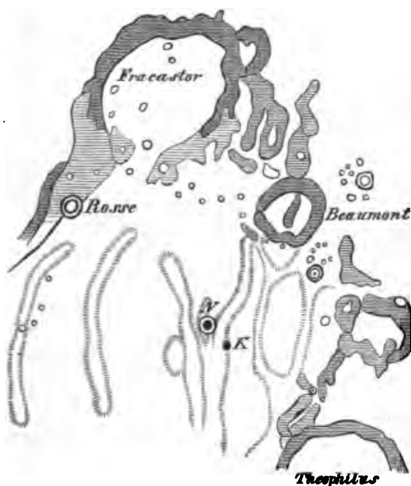
Der Erdmond. Im vorigen Jahrg. dieses Jahrbuchs, S. 15—20, haben wir der Untersuchungen gedacht, welche Dr. Klein in Cöln über die Veränderungen der Mondoberfläche angestellt hat und namentlich das von Klein in der Nähe des Krater Higinus, fast in der Mitte der Mondscheibe, neu entdeckte kraterartige Object erwähnt, welches nach Neison's Angaben in der Zeit von 1876 bis 19. Mai 1877 entstanden sein dürfte. Später hat Klein noch den Nachweis geführt,[2])

---

1) Im Bezug auf die Theorie der Gradmessungen und die Bestimmung der Gestalt der Erde vergl. Bruns, Prof. Dr. Heinr., die Figur der Erde. Ein Beitrag zur europ. Gradmessung. (Publication des kgl. preuß. Geodätischen Instituts). Berlin 1878.
2) Gäa. 1878, Heft 8, S. 434.

daß auch im Mare Nectaris „eine Neubildung stattgefunden, die man geradezu als eine durchaus vulkanische bezeichnen kann, insofern dort ein Gebilde entstanden ist, das sich mit Krater und Wall äußerlich als ein Vulkan darstellt, ja ringsum von einer dunkeln Materie umgeben ist, die sich von der freien Fläche, auf der sich der Vulkan erhebt, äußerst augenfällig unterscheidet." Am 9. Januar 1878 beobachtete er nämlich zwischen den Ringgebirgen Theophilus und Beaumont den auf beistehen- Skizze Fig. 4 mit N bezeichneten, mit schwarzem Schatten erfüllten und mit einem schwarzgrauen Ringe umgebenen großen Krater, den er ursprünglich für längst bekannt hielt, bis er später bemerkte, daß derselbe auf Mädlers und Lohrmann's Karten fehlt. Das fragliche Object liegt nicht in einer bergigen Gegend, sondern steht „ganz einsam in der großen grauen Ebene" da; auch hat Mädler nach seiner Beschreibung des Mare Nectaris sich die größte Mühe gegeben, das geringste Detail in dieser Gegend zu fixiren, und Lohrmann giebt den weit unbedeutenderen kleinen dunkeln Fleck K vollständig richtig wieder. Neison dagegen hat den Krater N nicht abgebildet, derselbe findet sich aber auf der Karte XI von Nasmyth und Carpenter. Julius Schmidt hat ihn 1842 und 43 bei Durchmusterung der fraglichen Mondregion nicht bemerkt, wohl aber 9. Januar 1851. Ebenso findet er sich auf einer Mondphotographie von Lewis M. Rutherfurd vom 6. März 1865. „Ob dieses Object zu Lohrmanns und Mädlers Zeit noch nicht vorhanden oder ob es damals viele

Fig. 4.



Jahre lang durch nebelartige Bedeckung unserm Anblick entzogen war, ist zur Zeit nicht mit Sicherheit zu entscheiden. Wenn man aber bedenkt, daß die genannten Mondbeobachter gerade in der betreffenden Gegend des Mare Nectaris viele flache Hügel und sehr kleine Krater sahen, so möchte man weniger geneigt sein an damalige nebelartige Bedeckung jener Mondregion zu denken, sondern eher annehmen, der Krater sei seit jener Zeit neu entstanden."

Von diesem Gegenstande wenden wir uns zu einem ausführlicheren Referate über neue auf die Theorie der Mondbewegung bezügliche Arbeiten des amerikanischen Astronomen Prof. Simon Newcomb, welche auch deshalb von besonderem Interesse sind, weil sie in engem Zusammenhange stehen mit der Frage, ob die Dauer eines Sterntages eine völlig unveränderliche Größe ist oder nicht.

Als im Jahre 1857 der Gothaer Astronom Hansen nach zwanzigjähriger Arbeit seine Mondtafeln veröffentlichte, hegte man allgemein die Hoffnung, daß es mit ihrer Hilfe möglich sein werde, die Bewegungen unseres Trabanten, welche seit zwei Jahrtausenden den Gegenstand der eifrigen Forschung der bedeutendsten Astronomen und Mathematiker gebildet, mit derselben Genauigkeit verfolgen zu können, wie diejenigen anderer Gestirne. Hatte doch Hansen mit größter Schärfe die elliptischen Elemente der Mondbahn sowie ihre Störungen durch die Sonne festgestellt und auch die Störungen durch die Planeten eingehender in Betracht gezogen als seine Vorgänger.

Unter den Störungen durch die Planeten ist besonders die sogenannte „Acceleration des Mondes" von Bedeutung. Halley war 1697 der Erste, welcher bemerkte, daß die Umlaufszeit des Mondes seit den ältesten griechischen Beobachtungen immer kleiner geworden sei; aber erst den Bemühungen von Lagrange und Laplace gelang es, den Grund dieser Erscheinung nachzuweisen. Durch den Einfluß der übrigen Planeten wird nämlich die Excentricität der Erdbahn immer kleiner, und dadurch ändert sich die durchschnittliche Entfernung der Erde von der Sonne, d. h. das arithmetische Mittel aus allen Entfernungen, welche sie im Laufe eines Jahres hat; die sogenannte mittlere Entfernung, das Mittel aus der größten und kleinsten, bleibt dagegen constant. Von dieser

durchschnittlichen Entfernung hängt aber wieder die Wirkung der Sonne auf den Mond ab, und die Folge der besprochenen Einwirkung der Planeten ist schließlich eine Beschleunigung der mittleren Bewegung des Mondes. Bezeichnet t die Anzahl der Jahrhunderte, welche seit dem Jahre 1800 vergangen sind, so beträgt nach Hansens Rechnung diese Vergrößerung der mittleren Länge des Mondes 12,18.t^2 Bogensecunden; die mittlere Länge des Mondes ist also im Jahre 1900 um 12″18 größer, als sie nach der Umlaufszeit im Jahre 1800 sein sollte, und in jedem Jahrhunderte beträgt diese Vergrößerung 24″ 36 mehr als im vorhergehenden.

Hansen ist auch der Erste, welcher periodische Störungen des Mondes durch einzelne Planeten aufgefunden und in die Tafeln aufgenommen hat. Besonders sind hier zwei von der Venus bewirkte Ungleichheiten von Bedeutung, durch welche der Ort des Mondes in Perioden von 273 und 239 Jahren um 15 und beziehungsweise 21 Bogensecunden nach der einen und nach der andern Seite verschoben wird.

Endlich hat Hansen auch nachgewiesen, daß seine Tafeln sowohl mit den neueren Beobachtungen seit 1750 innerhalb der Grenzen der Beobachtungsfehler übereinstimmen, als auch mit einer Reihe von alten, bis ins Jahr 585 v. Ch. zurückgehenden Nachrichten über totale Sonnenfinsternisse.

Die Hoffnung aber, daß durch Hansen's Mondtafeln weitere Bearbeitungen der Mondtheorie für längere Zeit überflüssig werden würden, hat sich nicht erfüllt. Schon 1853 hat der englische Astronom Adams für die Acceleration einen weit kleineren Werth gefunden als Hansen, und Delaunay hat später die Hansen'schen 24″36, wesentlich übereinstimmend mit Adams, auf 12″36 reducirt. Auch fand Delaunay die zweite von Hansen angegebene Venusstörung nicht bestätigt, indem seine Rechnung statt 21″ nur den Werth 0″3 ergab. Mag nun Hansen sich in seinen analytischen Entwickelungen geirrt haben, oder mag der Irrthum auf Seiten seiner Gegner liegen, so ist doch sicher, daß die Tafeln nicht mehr genau mit dem Himmel übereinstimmen, gleichgültig, ob man jene Venusstörung berücksichtigt oder nicht.

Es hat ferner Newcomb im dritten Theile der Publicationen der amerikanischen Commission zur Beobachtung des

Venusdurchganges von 1874 dargethan, daß für das Jahr 1875 aus den Meridianbeobachtungen von Greenwich und Washington eine an der mittleren Länge des Mondes anzubringende Correction von — 9″7 sich ergiebt. Da nun aus den Sternbedeckungen durch den Mond ein um 2″ kleinerer Werth folgt, so nimmt Newcomb — 8″ als Werth dieser Correction an. Die Tafeln geben also für 1875 die Länge des Mondes um 8″ zu groß an.

Außerdem hat Newcomb bereits im Jahre 1870 den Nachweis geführt, daß die Genauigkeit der Tafeln seit 1750 nur dadurch erreicht worden ist, daß die Uebereinstimmung mit den Beobachtungen vor diesem Zeitpunkte geopfert wurde, und daß schon ums Jahr 1700 die Hansen'schen Tafeln weiter von den Beobachtungen abweichen als die älteren. Ferner hat sich bei Prüfung älterer Finsternisse herausgestellt, daß, wenn man nur bis zum Anfange des achtzehnten Jahrhunderts zurückgeht, Hansen's Tafeln die Erscheinung weniger gut darstellen als diejenigen von Burckhardt (1812) und Damoiseau (1824), welche früher für die Ephemeriden benutzt wurden.

Es wurde nun Prof. Newcomb von der Marinesternwarte in Washington beauftragt, diesen Gegenstand einer gründlichen Untersuchung zu unterziehen und womöglich die Ursachen der Abweichungen zu finden. Als ein erstes Ergebniß dieser Arbeit hat er im vorigen Jahre ein Werk veröffentlicht,[1]) welches sich mit den Abweichungen der Beobachtungen vor dem Jahre 1750 beschäftigt. Das Jahr 1750 wurde als Schlüßpunkt genommen, weil erst um diese Zeit, mit Bradley, Beobachtungen beginnen, die an Genauigkeit nicht allzuweit hinter den gegenwärtigen zurückstehen.

In der historischen Einleitung, welche Newcomb seinem Werke vorausschickt, bespricht er die Entdeckung der säcularen Acceleration und die Hilfsmittel, welche uns zur Bestimmung des Betrags derselben zu Gebote stehen. Dahin gehören auch die Berichte aus dem Alterthum über totale Sonnenfinsternisse, die an einzelnen Punkten der Erde zu annähernd bestimmbaren Zeiten beobachtet worden sind. Als hauptsächlichstes Merkmal

1) Researches on the Motion of the Moon, made at the United States Naval Observatory, Washington. Part. I. Washington, 1878. — Vgl. Nature, Vol. XIX, p. 166.

für die Totalität stellt Newcomb die Sichtbarkeit hellerer Sterne hin, obwohl er zugeben muß, daß auch dieses Merkmal trügerisch ist, indem Venus auch bei partiellen und ringförmigen Finsternissen, ja selbst zu Zeiten, wo keine Finsterniß stattfindet, zu beobachten ist. Auch die Bestimmung der Localitäten, an welchen die Finsternisse sichtbar waren, ist in manchen Fällen schwierig und unsicher. Im Ganzen sind es acht Sonnenfinsternisse, welche Newcomb in Betracht zieht, von der des Thales 585 v. Ch. bis zu der des Jahres 364 n. Ch. Die vom Jahre 764 v. Ch., deren Erwähnung auf den Inschriften aus Ninive im Britischen Museum Sir Henry Rawlinson entdeckt hat, bleibt unberücksichtigt, weil ihre Totalität zweifelhaft ist. Ferner gehört hierher eine Reihe von Mondfinsternissen aus den Jahren 721 v. Ch. bis 136 n. Ch., auf welche Ptolemäus seine Mondtheorie gründete und die im Almagest von ihm verzeichnet sind.

Es folgen dann die Beobachtungen der arabischen Astronomen von 829—1004, hauptsächlich nach einem der Universität Leiden gehörigen Manuscripte, von welchem die französische Regierung 1804 eine Uebersetzung von Caussin unter dem Titel „Le livre de la Grande Table Hakémite“ veröffentlicht hat. Die hier verzeichneten Beobachtungen von Finsternissen sind die ersten, von denen wir die Beobachtungsdata besitzen, während bei den von Ptolemäus, Theon, Albateginus u. a. erwähnten uns wohl einzelne Data, nicht aber die eigentlich beobachteten Größen überliefert sind. Anfang und Ende der Finsterniß sind gewöhnlich durch Angabe der Höhen bestimmt, die manchmal in ganzen Graden, bisweilen auch in groben Bruchtheilen eines Grades angegeben sind. Es bleibt allerdings noch zweifelhaft, ob die so bestimmten Zeiten den Momenten des Contactes genau entsprechen; Newcomb findet aber, daß man aus dem Mittel aller beobachteten Zeiten die mittlere Länge des Mondes soweit ermitteln kann, daß der Fehler eine Bogenminute nicht übersteigt. Im ganzen enthält diese Sammlung 28 Finsternisse.

Nach den arabischen Beobachtungen kommen diejenigen der Europäer vor Erfindung des Fernrohres, namentlich Regiomontanus (1436—1476), Bernhard Walther (nürnberger Patrizier, 1430—1504) und Tycho Brahe (1546—1603). Bezüglich des letzteren macht Newcomb darauf aufmerksam, wie höchst merkwürdig es ist, daß dieser unermüdliche Beobachter

niemals die Bedeckung eines Fixsternes oder Planeten durch den Mond beobachtet zu haben scheint. Wenigstens hat Newcomb keine Aufzeichnung einer solchen zu finden vermocht, selbst nicht aus Perioden, in denen der helle Stern Aldebaran bedeckt worden sein muß. Für uns, die wir die Orte der Sterne sehr genau kennen und auch eine ziemlich sichere Kenntniß der Eigenbewegung der helleren Fixsterne besitzen, sind solche ältere Beobachtungen von Sternbedeckungen ein sehr gutes Hilfsmittel zur Ableitung brauchbarer Mondörter der betreffenden Zeiten.

Die Beobachtungen von Finsternissen und Sternbedeckungen beginnen mit Boulliau (1605—1694) und Gassendi (1592—1655), welche indessen noch keine Uhren benutzten, sondern Sonnen- und Sternhöhen zur Zeitbestimmung anwendeten. Die Benutzung der Uhren beginnt erst mit dem Danziger Hevel (1611—1687), dessen „Machina Coelestis" in ihrem zweiten, jetzt sehr seltenem Theile (1679) eine Anzahl von derart beobachteten Sternbedeckungen enthält. Es folgen dann die Beobachtungen von Flamsteed und den Astronomen der Pariser Sternwarte, den Cassini, La Hire und Delisle, welcher letztere auch in St. Petersburg beobachtete. Prof. Newcomb erhielt während seines Aufenthaltes in Paris, als Delaunay mit der Leitung der Sternwarte betraut war, alle Archive derselben zu seiner unbeschränkten Verfügung; er fand dort die meisten der Original-Notizbücher der französischen Beobachter seit 1675 und darunter auch eine große Zahl ganz vergessener Sternbedeckungen, von denen nur ein geringer Theil in den Memoiren der Akademie veröffentlicht worden ist.[1]) Bei einem Besuche

1) Bei der Durchsicht der Archive der Pariser Sternwarte entdeckte Newcomb auch, daß die allgemein verbreitete Annahme, Jean Dominique Cassini sei Director dieser Sternwarte gewesen, irrig ist. Die Pariser Sternwarte scheint ursprünglich für den gemeinsamen Gebrauch der Akademiker bestimmt gewesen zu sein, und die Stellung eines Directors wird nirgends erwähnt; wie Newcomb vermuthet, gab nur die Berühmtheit Cassini's zu jener Annahme Veranlassung. Auch bezeichnet Lalande in seiner Notiz über Cassini denselben nicht als Director der Pariser Sternwarte; er berichtet nur, daß Ludwig XIV. an den Pabst schrieb, um für Giovanni Domenico Cassini, der seit 1650 an der Universität Bologna wirkte und außerdem als Ingenieur mit der Leitung von Befestigungsarbeiten und Flußcorrectionen beschäftigt war, die Erlaubniß zu einem mehrjährigen Aufenthalte in Paris auszuwirken, wo damals die Akademie in der Bildung begriffen war. Durch

in Pulkowa konnte Newcomb auch die Aufzeichnungen über Delisle's Beobachtungen von 1727 bis 1747 einsehen, die eine nützliche Ergänzung der seit 1720 spärlicher werdenden Pariser bilden. Noch vor einigen Jahrzehnten würde die Berechnung soweit zurückliegender Beobachtungen, wie der erwähnten Pariser, Schwierigkeiten gemacht haben, und insbesondere würde die Ermittelung der Fixsternörter mißlich gewesen sein; die von Auwers durchgeführte neue Reduction der Bradley'schen Fixsternbeobachtungen hat es aber Newcomb ermöglicht, diese Arbeit auszuführen und uns auf solche Art eine empirische Kenntniß des Mondlaufes zu verschaffen, die ohne wesentliche Lücke bis zum Jahre 1621, oder doch mindestens, wenn man die Ergebnisse aus den älteren Beobachtungen als zu unsicher ansieht, bis 1640 zurückreicht. Wesentlich in Betracht kommen hierfür auch noch die Finsternisse von 1620 bis 1715, welche Newcomb einer eingehenden Discussion unterwirft. Besonders ausführlich wird die Finsterniß von 1715 betrachtet, welche in England, wo sie total war, unter Halley's Leitung sehr sorgfältig längs der Bahn des Mondschattens beobachtet wurde. Es ließ sich auf diese Weise die Grenze des Schattens genau feststellen, und Newcomb hat daraus für die Bewegung des Knotens der Mondbahn die Correction 10″.t abgeleitet, wenn t die seit 1850 verflossenen Jahrhunderte bedeutet.

Was nun das Hauptresultat dieser Untersuchungen anlangt, so zeigt sich, daß die Hansen'schen Tafeln, während sie für die Gegenwart die Mondlänge zu groß angeben, für die Zeit vor 1750 zu kleine Werthe für dieselbe enthalten. Schon im Jahre 1725 erreicht dieser Fehler die Größe von 7″ und bis 1650 steigt er allmählich auf 39″, im Jahre 1625 ergeben sich sogar, freilich mit größerer Unsicherheit, 50″.

Aus den Berichten über Finsternisse im Alterthum zieht

Colbert ließ der König Cassini einen Jahresgehalt von 9000 Livres für die Zeit seines Aufenthaltes in Paris anbieten. Derselbe kam 4. April 1669 in Paris an und wurde in so auszeichnender Weise vom König empfangen, daß er für immer dort zu bleiben wünschte. Zwar erhob der Pabst anfangs Schwierigkeiten, der König wußte dieselben aber zu beseitigen, und Cassini wurde in Frankreich naturalisirt. Er begann seine Beobachtungen an der Pariser Sternwarte im September 1671.

Newcomb den Schluß, daß während der acht Jahrhunderte, die der christlichen Zeitrechnung vorausgehen, die Hansen'schen Tafeln eine Correction von ungefähr 18′ erfordern.

Aus den arabischen Beobachtungen endlich ergeben sich für die Jahre 850, 927 und 986 negative Correctionen im Betrage von 4′1, 1′1 und 4′8, von denen namentlich die letztere ziemlich zuverlässig ist.

Keiner der bisherigen Versuche, die Theorie des Mondlaufes mit den Beobachtungen in Einklang zu bringen, hat zu einem befriedigenden Resultate geführt. Zur Erklärung dieser Abweichungen bieten sich nun zwei Wege: man kann annehmen, daß diese Abweichungen nur scheinbar sind und von einer Aenderung der Rotationsgeschwindigkeit der Erde, also von einer Aenderung unseres Zeitmaßes des Sterntages, herrühren; oder wir müssen uns mit dem Gedanken befreunden, daß unsere Mondtheorie noch an großen Unvollkommenheiten leidet, und daß die Wirkungen der Planeten auf den Mond noch nicht vollständig ermittelt sind.

Für eine Aenderung der Rotationszeit der Erde sprechen mancherlei Gründe. Immanuel Kant hat zuerst in der 1754 erschienenen gekrönten Preisschrift: „Untersuchung der Frage, welche von der königl. Akademie der Wissenschaften zu Berlin zum Preise für das laufende Jahr aufgegeben worden: ob die Erde eine Veränderung ihrer Achsenlänge erlitten habe" aus einander gesetzt, daß die Fluthwelle, welche täglich um die Erde läuft, nothwendig eine Verzögerung der Rotationszeit herbeiführen muß. „Die Anziehung des Mondes, welche den größten Antheil an dieser Wirkung hat, hält das Gewässer des Oceans in unaufhörlicher Aufwallung, dadurch es zu denen, gerade unterm Mond, sowohl auf der ihm zu- als von ihm abgekehrten Seite hinzuzufließen und sich zu erheben bemüht ist, und weil diese Punkte der Anschwellung von Morgen gegen Abend fortrücken, so theilen sie dem Weltmeere eine beständige Fortströmung nach eben dieser Gegend in seinem ganzen Inhalte mit ... Da diese Fortströmung nun der Drehung der Erde gerade entgegengesetzt ist, so haben wir eine Ursache, auf die wir sicher rechnen können, daß sie jene, soviel an ihr ist, unaufhörlich zu schwächen und zu vermindern bemüht ist." Kant versucht auch eine Schätzung der Größe dieser Wirkung

und findet, daß zwei Millionen Jahre erforderlich sein würden, um die Rotationsgeschwindigkeit der Erde vollständig zu erschöpfen; und es würde „in einer Zeit von zweitausend Jahren die Verzögerung soviel austragen, daß ein Jahreslauf nach diesem 8 1/2 Stunden weniger als vorher in sich halten müßte." In ähnlicher Weise hat auch Robert Mayer in der 1848 erschienenen Schrift: „Beiträge zur Dynamik des Himmels" (Abschnitt VIII) den Beweis versucht, daß in der Erregung von Ebbe und Fluth ein Grund zu einer Verminderung der Umdrehungsgeschwindigkeit der Erde liegt. „Indem sich die bewegten Wassertheile unter sich und an ruhenden Wassertheilen, an den Meeresufern und an der Atmosphäre reiben, erfahren sie einen beständigen Widerstand und würden in kurzer Zeit zur Ruhe kommen, wenn nicht durch eine lebendige Kraft die vorhandenen Widerstände wieder von neuem überwältigt würden. Diese lebendige Kraft, deren Abnahme und endliche Erschöpfung durch die vorhandenen Actionen bedingt wird, ist der Rotations-Effect der Erde". Mayer findet, daß auf solche Weise in der „Zeit von 2500 Jahren die Tageslänge durch den Einfluß von Ebbe und Fluth um 1/1400000, oder den Tag zu 86400 Secunden berechnet, um 1/16 Secunde vergrößert werden müßte, falls das Volumen der Erde ein unveränderliches wäre." Im Jahre 1853 hat dann Ferrel eine Abhandlung veröffentlicht, in welcher er den Versuch macht, aus der Theorie die Verzögerung der Erdrotation zu berechnen, welche die Einwirkung des Mondes auf die Fluthwelle erzeugt, und aufs Neue wurde die Frage 1865 wieder durch Delaunay angeregt. Durch diese letzteren Untersuchungen kann der retardirende Einfluß der Fluthwelle als nachgewiesen betrachtet werden.

Es giebt aber auch noch andere Ursachen, welche die Rotationsgeschwindigkeit der Erde zu ändern streben. Täglich wird die letztere von einer unzählbaren Menge von Meteoren getroffen, welche meistentheils ihr entgegen kommen, also sowohl ihre Bewegung um die Sonne, als auch ihre Rotation zu verzögern streben. Auch die Reibung gegen den Aether, wenn der Weltraum mit demselben erfüllt ist, wird eine derartige Verzögerung bewirken. Durch die allmähliche Erkaltung der Erde werden die Theilchen der Drehungsachse näher ge-

bracht und es wird dadurch die Rotation beschleunigt. Eine Verkleinerung des Erdhalbmessers um ein Meter, einer Temperaturabnahme von $1/50$ °C entsprechend, würde die Tageslänge um etwa $1/75$ Secunde verkürzen. Dann sind noch die großartigen plutonischen und neptunischen Massenumsetzungen zu erwähnen, die im Innern der Erde, wie an ihrer Oberfläche von statten gehen und durch welche hier Massen der Achse genähert, dort solche von ihr entfernt werden. Es ist einleuchtend, daß durch größere Senkungen oder Einstürze selbst plötzliche Aenderungen der Tageslänge eintreten können.

Ganz ohne Wirkung wird keine dieser Ursachen bleiben, es fragt sich nur, wie groß ihr Gesammteffect ist. Man sieht aber leicht ein, daß wenn die Abweichungen der Mondtheorie von den Beobachtungen auf Aenderungen der Rotationsdauer der Erde zurückzuführen sind, die Hoffnung aufgegeben werden muß, jemals für eine entlegene Vergangenheit oder Zukunft den Ort des Mondes berechnen zu können. Denn wir werden niemals dahin kommen, für die Hebungen und Senkungen, die durch vulkanische und neptunische Kräfte auf und in unserer Erde bewirkt werden, eine Formel aufstellen zu können. Der Astronomie fällt aber dann umgekehrt die Aufgabe zu, aus den Abweichungen des Mondlaufes von der vollständigen Theorie ein Maß für die Gesammtwirkung der Einflüsse zu finden, die während eines Zeitraumes hemmend und beschleunigend auf die Rotationsdauer der Erde wirken. Dieselben Werthe müßten sich im Laufe der Zeit auch aus der Beobachtung anderer Himmelskörper ergeben, nur später, in dem Maße wie ihre Bewegung langsamer ist als die des Mondes. Es würde hier zunächst der innerste Jupitertrabant, dann Merkur, hierauf Venus ꝛc. in Betracht kommen. Bis jetzt sind freilich die Ergebnisse aus den neueren Beobachtungen des Jupitertrabanten noch nicht ausreichend eine Entscheidung für die Richtigkeit dieser Erklärungsweise herbeizuführen. Die von Newcomb gefundenen Abweichungen, wenn man sie auf diese Weise deutet, sprechen im Ganzen für eine geringe Verzögerung der Erdrotation seit den ältesten Zeiten, also für ein Ueberwiegen des verzögernden Einflusses der Ebbe und Fluth.

Was nun die zweite Hypothese anlangt, so spricht für sie der Umstand, daß die Abweichungen, welche in Newcomb's Rech-

nung übrig bleiben, von 1621 an einen periodischen Charakter an sich tragen; und zwar umfaßt die Periode einen Zeitraum zwischen 250 bis 300 Jahren. Für den Anfang des Zeitraums sind die Abweichungen negativ, um 1800 erreichen sie ein positives Maximum und gegenwärtig sind sie abermals negativ. Der Versuch diese Wirkung durch die Anziehung der bekannten Himmelskörper zu erklären, ist freilich nicht geglückt.

Mars. — Die große Annäherung an die Erde, welche dieser Planet während seiner Opposition im September 1877 zeigte, durch welche sein scheinbarer Durchmesser bis auf 25 Bogensecunden anwuchs, bot, wie schon im vorigen Jahrgange dieses Jahrbuches S. 24 erwähnt worden, den Astronomen erwünschte Gelegenheit zu genauer Beobachtung seiner Oberfläche. Auch der Director der Sternwarte an der Brera in Mailand, Prof. Schiaparelli, hat sich mit solchen Beobachtungen beschäftigt, anfangs nur in der Absicht, auf Grund eigener Anschauung die Zuverlässigkeit der Beschreibungen und Abbildungen anderer Beobachter zu prüfen. Als er aber fand, daß viele der früheren Angaben den eigenen Beobachtungen nicht entsprachen, so beschränkte er sich auf die Vergleichung der bedeutendsten Marsbeobachter, wie Secchi, Kaiser, Lockyer, Dawes, Rosse, Mädler, Lassell, aus denen sich wenigstens die Stabilität der Lage und Begrenzung der Hauptobjecte ergab. Zugleich aber entschloß er sich zu einer genauen, auf rechnerischer Basis beruhenden Aufnahme der Oberfläche des Mars, welche Arbeit er in der Zeit vom 12. September 1877 bis Ende März 1878 vollendete. Er bediente sich zu den Beobachtungen eines Merz'schen Refractors von 21,8 Centim. Oeffnung und 3,25 Meter Brennweite, anfangs 322 fache, seit Januar 1868 aber 468 fache Vergrößerung anwendend. Am 5. Mai 1878 stattete er in einer außerordentlich zahlreich, auch von politischen Notabilitäten besuchten Sitzung der römischen Accademia dei Lincei einen Bericht über diese Untersuchungen ab und erläuterte die von ihm entworfene Karte des Mars.[1])

Ein Hauptgrund für die Mangelhaftigkeit der älteren

1) Atti della reale Accademia dei Lincei 1878, Ser. III. Vol. IX. Auszugsweise in der „Gäa" 1879, 2 u. 3, S. 92 u. 151.

kartographischen Darstellungen der Marsoberfläche ist der Umstand, daß sie meist nur auf Schätzungen nach dem Augenmaße beruhen. Selbst noch Kaiser hielt mikrometrische Messungen an den Flecken des Mars für unmöglich. Schiaparelli überzeugte sich aber, daß selbst unter nicht besonders günstigen Verhältnissen der Abstand eines Flecken vom Mittelpunkt mit einem wahrscheinlichen Fehler von nur einem Grad durch eine einzige Beobachtung gefunden werden kann, sobald der scheinbare Durchmesser des Planeten mindestens 20″ beträgt. Er bestimmte nun 62 leicht erkennbare, möglichst gleichförmig über die Oberfläche vertheilte Punkte nach ihrer areographischen Länge und Breite und zeichnete dann in das durch diese Punkte bestimmte Grundnetz die beobachteten Einzelheiten ein. Im Ganzen wurden 131 Aufnahmen, 31 auf die ganze sichtbare Scheibe und 100 auf einzelne Partien bezüglich, gemacht. Merkwürdigerweise lieferten aber nicht die Zeiten, in denen der Mars am größten erschien, sondern die spätern Monate, wo der scheinbare Durchmesser auf 20 und 16″ vermindert hatte, die meiste Ausbeute, ein Zeugniß von der Wichtigkeit der atmosphärischen Verhältnisse für areographische Forschungen. Die Aufnahmen erstrecken sich vorzugsweise auf die südliche Marshemisphäre und reichen auf der nördlichen nur bis zum 40. Breitengrad, eine Folge der Neigung der Achse des Mars, durch welche der Nordpol und seine Umgebung unseren Blicken entzogen wurden. Diese Stellung tritt bei allen sogenannten „großen" Oppositionen (mit größter Annäherung an die Erde) ein, deren letzte 1862 stattfand und deren nächste 1894 eintreten wird. Zur Ergänzung der Aufnahmen ist man daher auf die Beobachtungen in anderen Oppositionen angewiesen.

Es liegt die Frage nahe, wieweit man überhaupt Einzelheiten auf der Marsoberfläche zu erkennen vermag. Schiaparelli hat nun gefunden, daß unter günstigen atmosphärischen Verhältnissen und bei einem scheinbaren Durchmesser des Planeten von 25″ mit dem von ihm benutzten Instrumente ein heller Fleck auf dunklem Grunde oder umgekehrt ohne große Schwierigkeit zu sehen ist, wenn sein Durchmesser wenigstens 1/50 von dem des Planeten, also mindestens 137 Kilom. beträgt. Man könnte also auf dem Mars Inseln wie Sicilien und Seen von der Größe des Ladoga- und Tschadsees erkennen. Ein heller

Streifen auf dunklem Grunde oder umgekehrt ist unter gleich-günstigen Verhältnissen sichtbar, wenn seine Breite nicht unter $^1/_{100}$ des Planetendurchmessers oder 70 Kilom. beträgt; Inseln wie Jütland und Cuba, Seen wie Tanganyika und Nyassa sind also erkennbar, Objecte wie Italien, das Rothe Meer, Sumatra würden ganz deutlich sichtbar sein.

Schiaparelli hat nun auf Grund seiner Aufnahme eine Karte der Marsoberfläche in Mercatorsprojection entworfen, nach welcher die beifolgende Fig. 5 gezeichnet ist. Die Bezeichnungen auf der Karte sind meist von Schiaparelli neu eingeführt und der Geographie und Mythologie entlehnt. Zum bessern Verständniß der Karte mögen folgende Erläuterungen dienen:

Länder: Thyle I u. II, Phaetontis, 1 Atlantis I, 2 Atlantis II, Electris, Eridania, Hesperia, Ausonia, 3 Chersonesus, Hellas, Noachis, Argyre, 4 Ogygia, Thaumasia, Icaria, Daedalia, 5 Säulen des Hercules, Memnonia, Amazonia, Zephyria, Aeolis, Aethiopis, Elysium, Amenthes, Lybia, 6 Vorgebirge Osiris, 7 Oenotria, 8 Japygia, Isidis Regio, Aeria, Arabia, Eden, Thymianata, 9 Deucalionis Regio, Chryse, Ophyr, 11 Aurea Cherso, 12 Proteus-Insel, 13 Vorgebirge der Chariten.

Wasserbedeckung: a Meerenge des Ulysses, b Meerenge des Platinurus, c Mare Chronium, d Meerenge des Typhys, e Sinois, f Scamander, g Busen des Prometheus, h Xanthus, i Mare Adriaticum, k Helespont, l Mare Erythraeum, m Sinus Aorius, n Phasis, o Sonnensee, p Mare Sirenum, q Giganten-Fluß, r Laestrygonen-Fluß, s Cyklopen-Fluß, t Oceanus-Fluß, u Aethiopen-Fluß, v Lethe, w kleine Syrte, x große Syrte, y Triton, z Physon, α Hiddekel-Fluß, β Gehon, γ Indus, δ Ganges, ε Chrysorrhoas, ζ Sinus Sabaeus, η Sinus Margaritifer, Θ Sinus Aurorae, $\varkappa$ Eunotus, λ Nilus, μ Mare Cimmerium, ν Mare Tyrrhenum, π Lacus Phoenicis, ϱ Hystaspis.

Von den polaren Schneeflecken, welche man schon lange kennt, war der südliche während der Opposition immer in Sicht. Die Schneemasse war mit einem dunkeln Rande umgeben und machte zu gewissen Zeiten den Eindruck, als liege sie in gewisser Tiefe in der Scheibe. Ihre geringste Ausdehnung er-

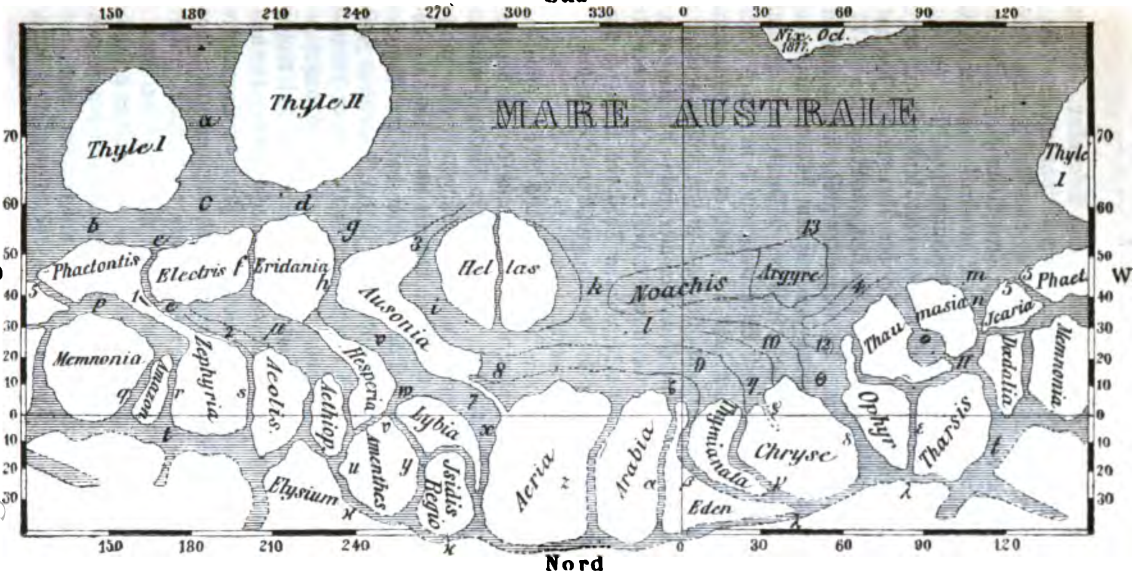


Fig. 5. Der Mars in Mercators Projection, nach Schiaparelli.

reichte sie Ende November und Anfang December. Da für die südliche Marshemisphäre die Sommersonnenwende auf den 18. September fiel, die Nachtgleiche aber auf den 22. Februar, so liegt eine Verzögerung des größten Wärme-Effects um $2^1/_2$ Monate vor. Uebrigens war der Schneeflecken beständigen Formänderungen unterworfen. Verhältnißmäßig sind die Schneemassen auf dem Mars weit weniger bedeutend als auf der Erde, und im Sommer verringert sich der Durchmesser des polaren Schneeflecks bis auf etwa 75 Meilen; im November 1877 war der Südpol schneefrei. Da wegen der größern Umlaufszeit von 686 Erdtagen die Jahreszeiten auf dem Mars beinahe doppelt so lange dauern wie auf der Erde, so könnte man vermuthen, daß die Sommerhitze und Winterkälte auf dem Mars bedeutend höhere Grade erreichen, als bei uns; den Beobachtungen zufolge scheint dies aber nicht der Fall zu sein. Die geringe Ausdehnung des Polarschnees im Sommer, sowie der Umstand, daß derselbe auch im Winter niemals bis in die Nähe des Aequators reicht, lassen für den größeren Theil des Planeten auf eine Temperatur schließen, die in der größeren Hälfte des Jahres den Nullpunkt nicht erreicht.

Die Existenz einer Atmosphäre des Mars offenbart sich durch die größere Lichtintensität am Rande der Planetenscheibe, die geringere Deutlichkeit, in welcher die Flecken bisweilen am Rande erscheinen, und durch die Trübungen, welche man zeitweilig über einzelnen Gegenden bemerkt und welche auf Wolken und Nebel deuten. Das Spectroskop hat die Anwesenheit beträchtlicher Mengen Wasserdampf in transparentem Zustande in dieser Hülle des Planeten nachgewiesen, über deren Dichtigkeit und chemische Constitution wir übrigens nichts wissen. Während Nebel und Wolken im Allgemeinen auf dem Mars nicht selten sind, wurde merkwürdigerweise zwischen 10° und 20° südlicher areographischer Breite, welche Zone die Sonnenstrahlen in senkrechter Richtung empfing, Nichts wahrgenommen, was den Verhältnissen unserer Aequatorialzonen der Calmen entsprochen hätte. Auch in den Jahren 1830 und 1862 hat man diese Region mit wenig Ausnahmen frei von Wolken gefunden.

Abgesehen von den Schneeflecken und von den temporären hell glänzenden Wolkenbildungen unterscheidet man auf der Marsfläche helle Partien, die auf der Karte als Länder be-

zeichnet sind, und dunklere, die man als Meere betrachtet. Beide sind meist durch bestimmte und scharfe Linien von einander geschieden. Die helle Farbe der ersteren erklärt sich leicht daraus, daß sie einen großen Theil des von der Sonne empfangenen Lichtes reflectiren; die Meere dagegen verschlucken einen großen Theil des auffallenden Lichtes, reflectiren nur wenig und erscheinen daher dunkel. Diese dunkeln Flecke sind mit einander verbunden durch ein complicirtes Netz von dunkeln Streifen, in denen man Canäle oder Meerengen zu erblicken hat. Die Dunkelheit der Färbung ist übrigens nicht durchweg dieselbe, sie nimmt nach Schiaparelli's Angabe auf der südlichen Marshalbkugel in der Richtung vom Aequator nach dem Pole ab, die aequatorialen Meere sind am dunkelsten gefärbt. Auf der Erde findet das Gleiche statt, nach Maury eine Folge des größern Salzgehaltes der Aequatorialmeere, der wieder von der raschern Verdunstung herrührt.

Eine merkwürdige Erscheinung bietet der Sonnensee, Lacus Solis, der Karte, welcher nach den früheren Beobachtungen von 1830, 1862 und 1864 einen südlichen Ausfluß hatte, von dem 1877 nichts zu sehen war, obwohl das von Schiaparelli benutzte Fernrohr sehr feine Details in der Nähe des Sees erkennen ließ.

Bemerkenswerth sind inmitten der Meere einzelne Partien mit hellerer Färbung, die aber erheblich dunkler erscheinen, als die Festländer. Hierher gehört der nördliche Theil von Ausonia, Noachis, Pyrrha, Deucalion, Proteus, Ogygis, Atlantis. Sie bilden Inseln und Halbinseln, einige durchziehen auch größere Continente. Dieselben sind noch besonders merkwürdig dadurch, daß sie oft längere Zeit von Nebeln bedeckt werden. Schiaparelli betrachtet sie als Untiefen oder überschwemmte Ländermassen. Durch diese Annahme wird auch die Erscheinug ungezwungen erklärt, welche manche dieser Partien, z. B. der mittlere Theil der Halbinsel Hesperia zeigen, daß sie nämlich weit dunkler am Rande des Planeten als in seiner Mitte erscheinen.

Aus der Färbung zieht Schiaparelli den Schluß, daß die Höhe des Wassers auf den Untiefen keine bedeutende sein kann; ebenso ist sie wohl bei vielen Canälen nur unbedeutend. Die dunkelsten unter diesen sind Nilus, Nepentos und Triton. welche fast schwarz erscheinen.

Die Ländermassen heben sich zwar durch ihre Helligkeit deutlich ab, sind aber in Farbe und Glanz keineswegs völlig übereinstimmend. Doch ist es schwierig, hierüber ein sicheres Urtheil abzugeben, weil einzelne Gegenden öfters durch mehr oder minder dichte, die Leuchtkraft vermehrende Wolkenschleier bedeckt sind, die sich auflösen oder dünner werden bei höherem Sonnenstande. Die Gegenden verlieren dann ihre weiße Farbe und nehmen ein backsteinartiges Aussehen an. Solche Wechsel zeigte insbesondere die Insel Hellas, welche im September und October weniger hell als die Nachbarländer erschien, später aber durch Helligkeit und Glanz dem polaren Schneefleck ähnlich wurde.

Der größte Theil der Länder liegt in einer Aequatorialzone, welche den ganzen Planeten ohne Unterbrechung durch größere Meere umgiebt. Die Südgrenze bildet eine Linie, die von Syrtis magna aus, an den Küsten von Aeria, Arabia und Chryse vorbei geht, die nördlichen Ufer des Mare Erythraeum bis zum Ganges streift, an Cherso und Thaumasia vorüber durch die Säulen des Hercules in das Mare Sircnum tritt und dann am Ufer des Mare Cimmerium und Mare Tyrrhenum wieder zur Syrtis magna zurückläuft. Nach Norden zu scheint sich diese Länderzone früheren Beobachtungen zufolge bis zu 50° Breite zu erstrecken.

Anderweite Ländermassen befinden sich auf der südlichen Hemisphäre noch in zwei, mit der erwähnten parallelen Zonen. Die eine in mittlern Breiten wird von den Regionen Icaria, Phaetontis, Electris, Eridania, dem Südtheile von Ausonia, Hellas, Noachis, Argyre und Ogygis gebildet, die zweite von den beiden durch die Meerenge des Ulysses getrennten Inseln Thyle; von der vorigen Zone ist sie durch das Mare Chronium geschieden.

Zwischen der äquatorialen Länderzone und der benachbarten südlichen zieht sich eine Reihe von Binnenmeeren, unterbrochen durch schmale, zum Theil unter Wasser gesetzte Halbinseln, die sämmtlich von Nordwest nach Südost gerichtet sind. Die innern Meere sind Mare Adriaticum, Tyrrhenum, Cimmerium, Sirenum, Lacus Solis, Sinus Aurorae, Sinus margaritifer und Sinus Sabaeus, die Halbinseln Ausonia, Hesperia, Atlantis I u. II, Aurea Cherso, Pyrrha und Deucalion. Die

Richtung dieser Landmassen regt den Gedanken an, daß ihre Anordnung durch die Thätigkeit der flüssigen Massen und des Luftoceanes (Passatwinde) veranlaßt sei.

Wo diese Halbinseln sich an die Landmassen anschließen, sind sie begrenzt von den Ausmündungen weiter Canäle, z. B. Deucalion ist begrenzt von den Canälen Indus und Gehon, Pyrrha von Hydaspis und Ganges, Hesperia von den Flüssen Aethiopum und Lethe.

Die Canäle, welche die Hauptzonen durchlaufen, liegen großentheils in Richtung des Meridianes, wodurch ein schachbretartiges Aussehn entsteht.

In der Aequatorialzone ist eine weitere Theilung bewirkt durch lange, in Richtung des Parallelkreises sich hinziehende Canäle: Nilus, Oceanus Fluvius und Eunostos.

Die Breite der Theilungscanäle ist sehr verschieden; die schmalsten, nur schwer sichtbaren, messen von Ufer zu Ufer wahrscheinlich nicht über 100 Kilom. und sind etwa der Meerenge von Malakka vergleichbar.

Durchmesser und Masse des Mars. Aus den im September und Oktober 1877 auf der Morrison-Sternwarte in Glasgow, Missouri, von Prof. C. W. Pritchett ausgeführten Messungen leitet H. S. Pritchett, Hilfsastronom an der Marinesternwarte zu Washington für den scheinbaren Halbmesser des Mars in der Entfernung 1 den Werth

4″ 935 ± 0″ 025

ab, während Bessel 4″ 664 gefunden hat und die American Ephemeris nach Beobachtungen am Mauerkreise der Marinesternwarte in Washington 5″ 054 geben.

Den Bessel'schen Werth hat nun Prof. Hall in den von der Marinesternwarte in Washington herausgegebenen „Observations and Orbits of the Satellites of Mars" benutzt zur Berechnung der Masse des Mars aus den Umlaufszeiten seiner beiden Monde. Dagegen findet S. H. Pritchett mit Anwendung des oben erwähnten, von ihm berechneten Werthes für diesen Halbmesser für die mittlere Entfernung vom Centrum des Planeten in der Entfernung 1

bei Deimos 32″ 9113 ± 0″ 1008
„ Phobos 12, 7735 ± 0, 0321.

Mit Benutzung der von Hall ermittelten Umlaufszeiten ergeben sich dann für die Masse des Mars, ausgedrückt in Theilen der Sonnenmasse, aus der Bewegung des Deimos und Phobos die Werthe

$^1/_{2940740}$ und $^1/_{3210140}$,

also im Mittel

$^1/_{3075440}$.[1])

Die Marsmonde. Im vorigen Jahrg. dieses Jahrbuchs, S. 26, haben wir bemerkt, daß bei verschiedenen Schriftstellern aus der ersten Häfte des vorigen Jahrhunderts sich die Ansicht von der Existenz mehrerer Marsmonde ausgesprochen findet, so bei Swift in „Gullivers Reisen", bei Voltaire im „Mikromegas", bei J. J. Schmidt im „Biblischen Mathematicus." Nach Assaph Hall's Ansicht dürfte Kepler derjenige sein, der zuerst eine derartige Vermuthung ausgesprochen hat. Als ihm nämlich Galilei seinen „Nuncius sydereus" sandte, das Werk, welches zuerst die Entdeckungen, die er mit dem neuerfundenen Fernrohr gemacht, der staunenden Welt verkündete, fühlte sich Kepler zu einer Arbeit angeregt,[2]) in welcher er Galilei's Entdeckungen mit seinen eignen Ideen über den Bau des Weltalls vergleicht. Hierin bemerkt er u. a.[3]) „Da sie dies durch übereinstimmende Zeugnisse auch vom Körper des Mondes behaupten, im Einklange mit den vorzüglichen Beobachtungen, welche Du anführst, so bin ich weit entfernt, Dir in dem übrigen Theile deines Buches und bezüglich der vier um den Jupiter kreisenden Planeten den Glauben zu verweigern, und ich wünschte vielmehr, ich hätte schon ein Fernrohr bereit, mit welchem ich Dir in der Entdeckung der zwei um den Mars kreisenden (soviel scheint mir die Proportion zu verlangen) und der 6 bis 8 um den Saturn kreisenden Trabanten zuvorkommen könnte, zu denen vielleicht noch ein um Venus oder Mars kreisende hinzukäme."

Prof. S. Günther hat kürzlich darauf aufmerksam gemacht, daß es auch einen älteren vermeintlichen Beobachter des

1) Astron. Nachr. Bd. 93, Nr. 2232, S. 377.
2) Disputatio cum Nuncio Sydereo nuper ad mortales misso a Galilaeo Galilaei Mathematico Patavino, 1610, abgedruckt im 2. Bd. der Gesammtausgabe der Werke Keplers von Frisch.
3) A. a. O. S. 491.

Marstrabanten gegeben habe. „Schyrläus de Rheita (1597—1660), der als Optiker nicht unberühmte Capuciner, lebte der festen Ueberzeugung, daß er ebenso wie beim Saturn, so auch beim Mars wirkliche und wahrhaftige Trabanten wahrgenommen habe; so berichtet wenigstens der Rostocker Professor Lipstorp (Copernicus redivivus, seu de vero mundi systemate. Lugduni Bat. 1653). Kaum brauchen wir zu sagen, daß Rheita's beste Teleskope von solch' gewaltiger Leistungsfähigkeit, wie sie zum angegebenen Zweck erfordert wird, weit entfernt waren."[1])

Die neu entdeckten Planeten des Jahres 1878.

Planetoiden sind im Jahre 1878 zwölf entdeckt worden:

(180) Garumna, am 29. Januar von Perrotin in Toulouse

(181) Eucharis, am 2. Februar von Cottenot in Marseille,

(182) Elsbeth, am 7. Februar, (183) Rudolphina am 8. Februar, und (184) Deiopeia, am 28. Februar von Palisa in Pola;

(185) Eunike, am 2. März von Peters in Clinton,

(186) Celuta, am 6. April von Paul Henry in Paris,

(187) am 11. April von Coggia in Marseille,

(188) Menippa, am 26. Juni, (189) Phthia, am 18. September,

(190) Ismene, am 30. September und (191) Kolga, am 2. Oktober von Peters in Clinton.

Die Elemente der 1877 und 1878 entdeckten Planetoiden nebst den früher nicht angegebenen von (149) und 167) sind in der Tabelle auf S. 42 verzeichnet.

Kometen.

Im vergangenen Jahre ist nur ein einziger neuer Komet beobachtet worden, nämlich Komet Swift (1878 a). In der Nacht vom 7. auf den 8. Juli endeckte Lewis Swift in Rochester, New-York, einen schwachen teleskopischen Kometen, dessen Auffindung in Europa nicht gelungen ist, wahrscheinlich in Folge eines Fehlers in dem Telegramme, welches der Wiener

1) Beilage zur Allgem. Zeitung. 1879, Nr. 96 (6. April), S. 1419.

Elemente der Planetoiden (149), (167), (170) bis (191) nach O. Loewy.[1]

Nr. u. Name.	Epoche mittl. Pariser Zeit.	Mittl. Aequin.	Mittl. Länge der Epoche.	Länge des Perihels.	Länge des aufst. Knot.	Neigung der Bahn.	Excentricität.	Große Achse	Umlaufszeit: Tage.
(149) Medusa	1875 Nov. 2,5	1875,0	246° 37′ 3″	342° 12′ 45″	160° 4′ 4″	1° 5′ 57″	0,11937	2,1327	1137,69
(167) Urda	1876 Jan. 0,0	1876,0	317 43 46	32 39 22	170 7 25	1 42 15	0,311923	3,21861	2109,12
(170) Maria	1877 März 1,5	1877,0	130 35 44	98 37 10	301 18 16	14 20 39	0,065079	2,55099	1488,19
(171) Orphelia	1877 Jan. 18,5	1877,0	131 14 14	146 46 20	101 28 38	2 33 48	0,126422	3,135477	2027,93
(172) Baucis	1877 März 2,0	1877,0	156 25 49	329 22 36	331 49 56	10 2 7	0,113936	2,37941	1340,61
(173) Ino	1877 Oct. 25,5	1877,0	0 20 28	13 28 3	148 33 52	14 14 50	0,204711	2,74459	1660,79
(174)	1877 Oct. 1,5	1877,0	334 50 29	252 56 15	328 52 26	12 13 3	0,150920	2,86343	1769,80
(175)	1877 Oct. 29,5	1877,0	338 5 59	292 59 17	23 32 56	3 46 39	0,349325	3,49875	2390,38
(176) Idunna	1877 Nov. 7,5	1877,0	24 22 9	21 54 32	201 11 29	22 25 17	0,163266	3,18045	2071,71
(177) Irma	1877 Dec. 7,5	1877,0	36 46 5	11 43 37	350 34 47	1 28 53	0,246899	2,78886	1701,13
(178) Belisana	1877 Nov. 25,5	1877,0	35 57 54	278 0 3	50 17 2	2 4 42	0,126632	2,45829	1407,82
(179)	1878 Febr. 1,5	1878,0	66 0 23	254 52 26	253 16 26	7 46 59	0,107466	2,97609	1875,28
(180) Garumna	1878 März 9,5	1878,0	139 13 13	134 17 41	315 7 27	0 52 16	0,177050	2,72902	1646,68
(181) Eucharis	1878 Febr. 11,5	1878,0	128 1 8	95 25 0	144 44 51	18 37 41	0,220478	3,12258	2015,43
(182) Elsbeth	1878 April 9,5	1878,0	141 51 0	55 6 59	106 24 48	2 0 3	0,183620	2,41205	1368,29
(183) Rudolphina	1878 Febr. 22,5	1878,0	101 23 41	44 52 34	142 44 44	26 40 16	0,356486	2,81519	1725,28
(184) Deiopeia	1878 April 9,5	1878,0	171 22 15	171 54 52	336 24 13	1 12 28	0,077732	3,18141	2072,66
(185) Eunike	1878 April 9,5	1878,0	158 37 25	16 10 53	153 48 34	23 15 43	0,126754	2,73953	1656,20
(186) Celuta	1878 Mai 7,5	1878,0	215 1 47	331 44 46	14 38 17	13 24 8	0,148301	2,35636	1321,18
(187)	1878 Mai 27,5	1878,0	211 40 52	212 26 53	22 19 7	10 43 34	0,231900	2,73060	1648,26
(188) Menippe	1878 Juli 1,5	1878,0	278 28 52	311 0 21	241 29 26	11 1 11	0,296625	3,03543	1931,68
(189) Phthia	1878 Oct. 31,5	1878,0	20 31 35	6 12 44	203 19 59	5 10 19	0,034860	2,45052	1401,15
(190) Ismene	1878 Oct. 31,5	1878,0	35 26 11	112 41 33	177 28 56	6 17 53	0,147234	3,89248	2805,03
(191) Kolga	1878 Nov. 15,5	1878,0	13 9 27	28 4 6	159 41 25	11 26 21	0,094818	2,90965	1812,84

1) Annuaire pour l'an 1879 publié par le bureau des longitudes.

Akademie die Entdeckung anzeigte. Dagegen wurde er von C. H. F. Peters in Clinton am 7., 10., 19. und 23. Juli beobachtet und aus diesen Beobachtungen hat Dr. J. Holetschek in Wien die folgenden Bahnelemente berechnet:[1])

Zeit des Perihels	T = 1878 Juli 21, 2626 mittl. Berl. Zeit.	
Länge " "	π = 280° 19′ 51″	mittl. Aequin. 1870
" " aufsteig. Knotens	Ω = 102 18 23	
Neigung der Bahn	i = 77 0 50	
Periheldistanz	q = 0,13911	

Dieselben haben mit keinen früher berechneten Elementen Aehnlichkeit.

Außerdem waren noch zwei von den teloskopischen Kometen mit kurzer Umlaufszeit sichtbar, der Tempel'sche von 1873 und der Encke'sche.

Tempel's Komet 1873 II. Dieser am 3. Juli 1873 von Wilh. Tempel in Mailand entdeckte Komet, dessen Periodicität bald nachher ungefähr gleichzeitig von Leop. Schulhof und Russel Hind erkannt wurde, wurde bei seiner vorjährigen Wiederkehr von seinem ersten Entdecken in Arcetri bei Florenz am 19. Juli und am folgenden Abende von Prof. Winnecke in Straßburg aufgefunden. Im Vergleich zu der Erscheinung von 1873 war er merklich schwächer, was freilich theilweise von seiner tiefen Stellung am Abendhimmel herrührte. Im Juli hatte er 2 bis 3 Bogenminuten Durchmesser mit hellen Pünktchen in der Mitte, im Ganzen aber war er ziemlich schwach, doch wurde er gegen Ende des Monats heller. Nach seinem Durchgange durchs Perihel, 7. September, und als der Mondschein die Beobachtungen nicht mehr störte, war er leicht wieder auffindbar und wider Erwarten hell. Tempel konnte ihn bis 21. December verfolgen; die leuchtenden Pünktchen befanden sich um diese Zeit in dem vorangehenden Theile der ovalen Masse.

Folgendes sind die verbesserten Elemente, welche L. Schulhof in Paris für den Kometen berechnet hat:

Epoche	1878 Aug. 27,0 mittl. Berl. Zeit.	
mittl. Anomalie	M = 357° 51′ 46″1	mittl. Aeq. 1878
Länge des aufst. Knotens .	Ω = 121 0 46,5	
" " Perihels	π = 306 7 41,7	
Neigung der Bahn . . .	i = 12 46 2,4	

1) Astron. Nachr. Bd. 92, Nr. 2213, S. 71.

Excentricität	e = 0,553727
mittl. tägl. Bewegung . . .	μ = 682″2906
mittl. Entfernung	a = 3,00164
Perihelдistanz	q = 1,3393
Umlaufszeit	1899,78

Encke's Komet. Für die vorjährige Erscheinung desselben hat der inzwischen verstorbene Prof. E. von Asten die nachstehenden Elemente berechnet, welche sich von den für die letzte Erscheinung desselben gegebenen (dieses Jahrb. XII, S. 27) nur durch den Betrag der Störungen unterscheiden, welche der Komet inzwischen durch die sechs alten Planeten und durch die Einwirkung des widerstehenden Mittels erlitten hat.

1878 April 24,0 m. Berl. Zeit

M	=	332°	4′	3″09	
Ω	=	334	39	9,72	mittl. Aequ. 1878,0
π	=	158	19	41,46	mittl. Aequ. 1878,0
i	=	13	6	39,57	mittl. Aequ. 1878,0
e	=	0, 849 1669			
μ	=	1079″47950			
a	=	2,210691			
q	=	0,33344			
		1200,8 Tage.			

Auf Grund dieser Elemente hat v. Asten dann eine Ephemeride berechnet, bei welcher auch die seit 24. April erlittenen Störungen Berücksichtigung fanden. Besonders machte er noch aufmerksam darauf, daß es dringend wünschenswerth sei, den Kometen nach seinem Durchgange durch das Perihel, 26. Juli 1878, auf der südlichen Halbkugel weiter zu verfolgen, und daß es für die weitere Ausbildung der Theorie dieses Himmelskörpers besonders werthvoll sein würde, wenn dort wenigstens zwei vollständige Beobachtungsreihen mit möglichst kräftigen Instrumenten erlangt werden können.[1])

Mit Hilfe dieser Ephemeride hat man in der That den Kometen auf der südlichen Erdhemisphäre aufgefunden. Am Abende des 3. August gelang es dem Astronomen John Tebbutt zu Windsor in Neu-Süd-Wales denselben zu entdecken. Er erschien, heller als vermuthet, als runder Nebel von etwa 2 Bogenminuten Durchmesser mit allmählicher Verdichtung nach der Mitte hin und konnte auch in den folgenden Nächten trotz

1) Astron. Nachr. Bd. 92, Nr. 2197, S. 193.

der zunehmenden Helligkeit des Mondscheins weiter beobachtet werden.

An demselben Abende, 3. August, wurde der Komet auch von Dr. B. A. Gould, Director der Sternwarte in Cordoba in Argentinien, aufgefunden, und nach einigen Tagen trüben Wetters gelang es dessen Assistenten John M. Thorne eine den Zeitraum vom 7. August bis 6. September umfassende Beobachtungsreihe zu erhalten. In dieser ganzen Zeit erschien der Komet nahezu kreisförmig und bis 26. August war eine leichte centrale Verdichtung erkennbar, die am 10. August die Helligkeit eines Sternes 8. Größe hatte, später aber unmerklich wurde.

Für den von Borelly am 21. August 1873 entdeckten Kometen (s. dieses Jahrb. X, S. 29), der bis 20. September desselben Jahres beobachtet wurde, hat Raoul Gautier in Leipzig unter Berücksichtigung der Störungen der Venus, welcher der Komet am 2. September 1873 bis auf 0,12 Erdbahnhalbmesser (2,4 Millionen geogr. Meilen) sich näherte, die folgenden elliptischen Elemente berechnet:

$$
\begin{aligned}
T &= 1873 \text{ Sept. } 10{,}82092 \text{ mittl. Berl. Zeit} \\
\left.\begin{aligned}
\pi &= 61^\circ\ 22'\ 36''7 \\
\Omega &= 230\ \ 35\ \ 24{,}2 \\
i &= 95\ \ 58\ \ 30{,}7
\end{aligned}\right\} &\ \text{mittl. Aequin. } 1873{,}0 \\
e &= 0{,}996471 \\
q &= 0{,}794061,
\end{aligned}
$$

wornach die Umlaufszeit des Kometen 3375,5 Jahr mit einem wahrscheinlichen Fehler von 312,8 Tagen beträgt.[1])

Ueber die Schweife der Kometen hat seit einer Reihe von Jahren Prof. Th. Bredichin, der Director der Sternwarte Moskau, interessante Untersuchungen angestellt, aus denen er den bemerkenswerthen Schluß zieht, daß es drei wesentlich verschiedene Typen von Kometenschweifen giebt, welche charakterisirt sind durch verschiedene Werthe der schweifbildenden Kraft, d. h. des Unterschiedes zwischen der Attraction, welche die Sonne auf den Kometen ausübt, und der Kraft, von welcher die Bewegung der Schweiftheilchen abhängt.

Diese Untersuchungen beruhen auf den theoretischen Grundlagen, welche Bessel im Jahre 1836 in seinen „Beobach-

1) Astron. Nachr. Bd. 91, Nr. 2164, S. 49, Bd. 92, Nr. 2189.

tungen über die physische Beschaffenheit des Halley'schen Ko-Kometen und dadurch veranlaßte Bemerkungen" [1]) veröffentlicht hat. Die Bewegung der Planeten und der Kometen um die Sonne erfolgt in Folge der Attraction, welche die Sonne ausübt und welche proportional der Masse der Sonne = 1, sowie umgekehrt proportional der zweiten Potenz der Entfernung r, also = $1 : r^2$ ist. Außerdem aber wirkt die Sonne noch auf die einzelnen Theilchen der Schweife und veranlaßt sie zu Bewegungen, deren Ergebniß in Verbindung mit der Fortbewegung des Kometen eben die Schweifbildung ist; die Größe dieser Kraft setzt Bessel = $\mu : r^2$. Hat μ den Werth 1, so ist die letztere Wirkung der gewöhnlichen Anziehung der Sonne gleich; wenn μ kleiner als 1, so die letztere größer; wenn aber μ negativ ist, so verwandelt sich die Anziehung in einer Abstoßung. Die theoretischen Entwickelungen Bessels zeigen, wie man μ aus den Beobachtungen finden kann. Uebrigens läßt derselbe unentschieden, ob man es hier nur mit zwei Modificationen der allgemeinen Massenanziehung oder mit specifisch verschiedenen Kräften zu thun hat. Bekanntlich neigt man jetzt mehr der letzteren Ansicht zu, indem Zöllner u. A. die zweiterwähnte Wirkung als eine elektrische Fernewirkung der Sonne ansehen.

Bredichin hat später die Erscheinungen des Donati'schen Kometen mit der Bessel'schen Theorie verglichen in einem in russischer Sprache abgefaßten Werke „Ueber Kometenschweife". Moskau 1862.[2]) Im dritten Theile dieses Buches findet sich eine mathematische Entwickelung der Bessel'schen Theorie und der eigenen Ansichten des Verfassers. Weitere Forschungen über denselben Gegenstand hat Bredichin in den Annales de l'observatoire de Moscou veröffentlicht und namentlich enthält der 5. Bd. die Belege für die Eintheilung der Kometenschweife in drei Typen.

Diese Eintheilung gründet sich, wie schon erwähnt, auf die wesentliche Verschiedenheit des Werthes $1-\mu$, wie die

---

1) Astron. Nachr. Bd. 13. S. 185.

2) Ein Theil der Resultate ist in den Astron. Nachr. Bd. 54, S. 289 mitgetheilt; vergl. Zöllner, „Ueber die Natur der Kometen," Leipzig 1872, S. 292.

folgende Tafel[1]) erkennen läßt. Die ersten Columnen geben die Bezeichnung des Kometen und die Werthe von $1-\mu$, dann folgt die mit r bezeichnete, in welcher die Größe des Radius Vectors für die Mitte der Schweifentwickelung (Erdbahnradius = 1) angegeben ist; die nächste giebt an, ob die Schweifentwickelung vor dem Durchgange durch das Perihel (A) oder nach demselben (P) stattfand. Die folgenden geben die Richtung der Bewegung des Kometen (R = retrograd, D = direct), die vier letzten endlich enthalten die Bahnelemente.

Komet	$1-\mu$ Typus I	II	III	r		Bewegung.	Bahnelemente ☊	i	q	π
1577	—	0,8	0,2	1,1	P	R	25°	75°	0,18	130°
1618 III	—	0,6	—	1,1	P	D	76	37	0,39	3
1665	12	—	—	0,5	A	R	228	76	0,10	72
1811	11	—	—	1,4	P	R	140	73	1,04	75
1835	10	—	0,2	0,9	A	R	55	18	0,59	305
1844	—	—	0,1	0,9	P	D	118	46	0,25	296
1853 III	12	—	0,1	0,3	A	D	141	62	0,31	311
1858	10	0,6	—	0,6	P	R	165	63	0,58	36
1860 III	—	0,6	—	0,6	P	D	85	79	0,29	162
1861 II	12	—	0,2	1,3	P	D	279	86	0,82	249
1862 II	11	—	0,1	1,0	A—P	R	137	66	0,96	290
1874 III	—	0,9	—	0,9	A—P	D	119	66	0,67	271
1877 II	9	—	0,1	1,0	P	R	317	59	0,95	19
Mittel	11	0,7	0,1							

Der erste Typus ist ausgezeichnet durch einen beträchtlichen negativen Werth von μ, also eine abstoßende Wirkung der Sonne, welche deren Massenanziehungen beträchtlich überwiegt. Beim zweiten Typus ist μ ein kleiner positiver Bruch, es ist also eine geringe anziehende Wirkung der Sonne auf die Theilchen des Schweifes vorhanden. Beim dritten Typus endlich ist μ nahezu gleich der Einheit; die Schweifentwickelung ist hier nur unbedeutend, die Schweife sind kurz und verwaschen, die gefundenen Werthe von $1-\mu$ daher ziemlich unsicher. Wahrscheinlich rühren diese Verschiedenheiten von den ungleichen physikalisch-chemischen Eigenschaften der Schweifmaterie her,

1) Astron. Nachr. Bd. 93, Nr. 223, S. 237.

und man darf wohl hoffen, daß die Spectralanalyse hierüber einmal Aufschluß geben wird.

Das Auftreten zweier Typen bei demselben Kometen ist natürlich nur möglich, wenn zwei Schweife vorhanden sind. Was die kleinen nach der Sonne gekehrten Schweife anlangt, so hat Bredichin in dem III. Bd. der erwähnten Annalen (I. Buch, S. 41) den Nachweis geführt, daß sie sich ohne Annahme eine besondere Kraft durch den Impuls der Ausströmungen des Hauptschweifes auf die wenig solide Masse des Kometen erklären lassen. Sie sind daher in der Tabelle übergangen.

Auch bei einer Anzahl anderer Kometen, für welche weniger zahlreiche oder nur weniger zuverlässige Beobachtungen vorliegen, hat Bredichin den Typus zu bestimmen versucht[1]), und er zählt

zum Typus I die Kometen von 1807, 1843 I und 1863 II,
zum Typus II die Kometen von 1807, 1843 I, 1854 II und III,
zum Typus III diejenigen von 1823, 1853 II und IV, sowie 1857 III.

Feuerkugeln, Meteorite.

Die im Ganzen ziemlich seltene Erscheinung einer bei hellem Sonnenschein sichtbaren Feuerkugel ist am 25. März 1878 an verschiedenen Punkten von Schottland und Nordengland beobachtet worden: in der Nähe von Hawick, bei Dunbar, Cupar-Angus, Dundee und in verschiedenen Gegenden der Grafschaft Fife; ferner bei Dunston on Tyne, Benton bei Newcastle on Tyne, Gosforth, eine engl. Meile nördlich von Newcastle, Wallbottle, vier Meilen westlich von Newcastle, und Brampton bei Carlisle. Das Meteor erschien Vormittags 10 Uhr 20 Min. auf der Ostseite des Himmels und fiel mit schwacher Neigung von Ost nach Norden, den Horizont erreichte es in der Nähe des Nordpunktes; in Dundee beobachtete man, wie es in zahllose Stücke zersprang. Es wird als von mehreren Fuß (?) Umfang und kegelförmiger Gestalt, mit weißem, nur schwach farbigem Lichte hell leuchtend beschrieben.

1) Astron. Nachr. Bd. 94, Nr. 2237, S. 79.
2) Nature XVII, p. 425, 454, 467.

Auf ein Meteor mit kurzer Umlaufszeit und nahezu kreisförmiger Bahn hat Capitän G. L. Tupman in dem Berichte des „Luminous Meteor Committee“ der Britischen Association für 1877—78 aufmerksam gemacht.[1]) Dasselbe wurde in England am 27. November 1877 um 10 Uhr 20 Min. Greenwicher Zeit beobachtet. Capitän Tupman erblickte es von einem etwa 1 engl. Meile östlich von der Sternwarte Greenwich gelegenen Standpunkte zuerst als Stern erster bis zweiter Größe; aber plötzlich nahm es an Helligkeit und Größe zu und erschien nun als eine Feuerkugel von 10 bis 12 Min. Durchmesser, einen mehrere Grad langen Schweif von blauer, rother und grüner Farbe hinter sich ziehend. Die Bewegung war sehr langsam, namentlich gegen das Ende der Erscheinung, so daß das Meteor fast stillzustehen schien. Die Dauer wurde auf 15 bis 16 Secunden geschätzt. Die Tupman'schen Beobachtungen stimmen gut überein mit anderen von Corder zu Writtle bei Chelmsford und Fr. Ware zu Clifton Down, Bristol, und aus diesen verschiedenen Beobachtungen ergiebt sich, daß der Punkt, wo das Meteor zuerst sichtbar wurde, ungefähr 15 engl. Meilen oberhalb eines Punktes an der Themsemündung in 1° 21′ östl. Länge von Greenwich und 51° 33′ Breite, der Punkt des Verschwindens aber 13 Meilen über einem Orte 12 Meilen westlich von St. Omer in Frankreich in 2° 0′ östl. Länge und 50°45′ Breite lag; die Länge der sichtbaren Bahn betrug etwa 80 Meilen. Den Radiationspunkt setzt Tupman in 340° Länge und 83° Breite und für die Elemente der wahren Bahn findet er folgende Werthe

Periheldistanz	0,9858
Länge des Perihels . . .	70° 6′
„ „ aufsteig. Knotens	245 50
große Halbachse	1,1691
Excentricität	0,1568
Neigung der Bahn . . .	15° 0′
Umlaufszeit	462 Tage

Bewegung direct.

Wird die Dauer der Sichtbarkeit auf 7 1/2 Secunden reducirt, so bleiben diese Elemente immer noch den obigen ähnlich: die große Achse wird dann 1,3785 und die Umlaufszeit 591 Tage.

1) Nature XIX, p. 484.

Meteorfall von Mern auf Seeland, 29. Aug. 1878. Wenn man absieht von einem Meteorfall, der sich nach dem Bericht des Erasmus Bartholinus am 30. März 1654 auf Fühnen ereignet haben und von dem ein Stein in der alten Kopenhagener Kunstkammer gewesen sein soll, der aber nicht mehr vorhanden ist, so ist dies das erste beglaubigte derartige Ereigniß in Dänemark. Das Dorf Mern, in dessen Nähe sich dasselbe zutrug, liegt etwa 1 Meile südlich von Präſtö in 29° 44′ 5 östl. Länge von Ferro und 55° 2′ nördl. Breite. Sophus Tromholt in Bergen erhielt von dem Lehrer Jäger in Mern folgende Mittheilungen über die nähern Umstände des Falles:[1] „Es war am 29. August, Nachmittags zwischen 2 und 3 Uhr, als einige auf dem Felde beschäftigte Leute einen starken Lärm in der Luft hörten; das Geräusch war ein Mittelding zwischen einen Sausen und dem Lärm eines längern Wagenzuges auf einem harten Boden. Es endigte mit einem starken Knall wie von einer Steinsprengung oder einem Schusse. Der Himmel war völlig heiter, und es wehte ein nur schwacher Wind. Einer der Arbeiter bemerkte gleichzeitig mit dem Geräusche, daß die Erde in einer Ausdehnung von circa 30 Fuß in der Richtung von Westen nach Osten aufgewühlt wurde, und als er sich nach dieser Stelle begab, fand er einen Meteorstein, der so heiß war, daß er ihn nicht gleich aufheben konnte. Einige Augenblicke nachher war der Stein soweit abgekühlt, daß er ihn nach Hause bringen konnte; er mußte ihn aber der Wärme wegen bald in der einen, bald mit der andern Hand tragen. Der Stein ist ziemlich rund, jedoch mit mehreren Eindrücken, ungefähr wie ein Lehmklumpen aussehen würde, wenn man ihn mit der Hand geformt hätte und von dieser und den Fingern einige Spuren zurückgeblieben wären. Er ist von einer dünnen, schwarzbraunen Kruste umgeben, als ob er im Feuer gelegen hätte oder einem starken Rauche ausgesetzt gewesen wäre. Die Größe ist die eines Kinderkopfes, das Gewicht beträgt 8¼ dän. Pfund (8⅛ Kilogr.) ... Es möge noch bemerkt werden, daß man ½ Meile westlich von Mern auch das Geräusch in der Luft gehört hat; die Bahn des Steines, ehe er die Erde erreichte, ist dagegen von Niemand gesehen worden."

---

1) Wochenschr. für Astronomie ꝛc. von Klein. Jahrg. 1878, S. 391.

Durch Prof. Johnstrup wurde der Stein für das Kopenhagener Museum erworben.

Eine genaue Untersuchung der in Bayern gefallenen Steinmeteorite nach ihrer mineralogischen Beschaffenheit hat Gümbel vorgenommen und deren Ergebnisse am 9. Febr. vor. J. der Münchener Akademie vorgelegt.[1])

Im Ganzen gehören 5 Meteorite hierher: der von Mauerkirchen im jetzt österreichischen Innviertel vom 20. November 1768 Nachm. 4 Uhr; der von Eichstädt, im sogenannten Wittmen, 5 Kilom. von der Stadt, gefallen 19. Februar 1875 Mittags; der von Massing bei Altötting vom 13. December 1803 Vormittags zwischen 10 und 11 Uhr; der von Schönenberg bei Burgau in Schwaben vom 25. December 1846 Nachmittags 2 Uhr; endlich der von Krähenberg vom 5. Mai 1869. Von allen diesen Meteoriten sind die das Niederfallen begleitenden Erscheinungen genau constatirt.

Auf Grund dieser Untersuchung kommt Gümbel zu dem Resultate, daß diese Meteorite „trotz einiger Verschiedenheit in der Natur ihrer Gemengtheile, doch von vollständig gleichen Structurverhältnissen beherrscht sind. Alle sind unzweifelhafte Trümmergesteine, zusammengesetzt aus kleinen und größeren Mineralsplitterchen, aus den bekannten rundlichen Chondren, welche meist vollständig erhalten, oft aber auch in Stücke zersprungen vorkommen, und aus Gräupchen von metallischen Substanzen: Meteoreisen, Schwefeleisen, Chromeisen. Alle diese Fragmente sind aneinander geklebt, nicht durch eine Zwischensubstanz oder ein Bindemittel verkittet, wie sich überhaupt keine amorphen, glas- oder lavaartigen Beimengungen vorfinden. Nur die Schmelzrinde und die oft auf Klüften auftretenden, der Schmelzrinde ähnlich entstandenen schwarzen Ueberrindungen bestehen aus amorpher Glasmasse, die aber erst beim Niederfallen in unserer Atmosphäre nachträglich entstanden ist. In dieser Schmelzrinde sind die schwer schmelzbaren und größeren Mineralkörnchen meist noch ungeschmolzen eingebettet."

Die Mineralsplitterchen werden als scharfkantig und spitzeckig, ohne Spur von Abrundung beschrieben. Die Oberfläche

---

1) Sitzungsberichte der math-physik. Classe der Münchener Akademie der Wissensch. 1878, Heft I, S. 14.

der Chondren ist „nie geglättet, sie ist vielmehr stets höckerig uneben, maulbeerartig rauh und warzig, oder facettenartig mit einem Ansatz von Krystallflächen versehen . . . Oft begegnet man Stückchen, welche offenbar als Theile zertrümmerter oder zersprungener Chondren gelten müssen.“ Die mikroskopische Beobachtung zahlreicher Dünnschliffe hat gezeigt, daß sie verschiedenartig zusammengesetzt, am häufigsten von excentrisch strahlig-fasriger Structur sind; gegen den Theil der Außenfläche hin, nach welchem das Centrum verschoben ist, geht die fasrige Structur meist in eine undeutlich körnige über. Die Fäserchen bestehen aus einem meist helleren, durch Säuren mehr oder weniger zerlegbaren Kern und einer der Einwirkung derselben widerstehenden dunkleren Umhüllung.

Die den Chondriten beigemengten Meteor- und Schwefeleisen-Theilchen zeigen keinerlei regelmäßige Gestaltung.

Der gewöhnliche Typus der Meteorite von steiniger Beschaffenheit ist weit überwiegend derjenige der sogenannten Chondrite, und bei der Uebereinstimmung der Structur aller dieser Steine findet Gümbel es wahrscheinlich, daß sie einen gemeinsamen Ursprung haben. Der Umstand ferner, daß sie sämmtlich in höchst unregelmäßig geformten Stückchen in unsere Atmosphäre gelangen, führt ihn zu der Annahme, „daß sie bereits in regellos zertrümmerten Stücken als Abkömmlinge von einem einzigen größeren Himmelskörper ihre Bahnen im Himmelsraume ziehen und in ihrer Zerstreutheit einzeln zuweilen in das Attractionsbereich der Erde gerathend zu dieser niederfallen.“ Gümbel hält es für denkbar, daß ein Meteorit auf seiner Bahn einmal die Erde streift, ohne zu ihr niederzufallen, und erst bei einer spätern Begegnung wirklich auf sie herabstürzt. Es könnte dies vielleicht das Vorkommen von Schmelzmasse im Innern einzelner Steinmeteorite erklären.

Was endlich die Bildung der Chondrite anlangt, so glaubt Gümbel, daß das Material, aus dem dieselben bestehen, „durch eine gestörte Krystallisation und Zertrümmerung in Folge von explosiven Vorgängen innerhalb eines Raumes sich bildete, welcher von die mineralbildenden Stoffe liefernden Dämpfen und von die weitere Oxydation des Meteoreisens verhindernden Wasserstoffgas erfüllt war. Die Kügelchen

bildeten sich durch Anhäufung von Mineralmasse um einen Ansatz oder Kern bei fortdauerndem Fall oder Bewegung in den stoffliefernden Dämpfen, wodurch eine einseitige Zunahme oder ein Ansatz des Materiales in der Richtung des Fluges, wie bei der Entstehung gewisser Hagelkörner oder Eisgraupen, bedingt ist, und die excentrisch fasrige Structur und länglich runde Form ihre Erklärung findet ... Das so entstandene Material fiel wie ein Aschenregen zur Oberfläche des sich bildenden Himmelskörpers und verfestigte sich nach Art der vulkanischen Trockentuffe durch Agglutiniren der Trümmerchen zu einem meist lockern Aggregat und wurde vielleicht erst in diesem Zustande der Verfestigung durch weitere Explosionsthätigkeit zerstückelt und abgeschleudert. Diese Stücke oder Theile dieser Stücke sind es, welche als Meteorite endlich zur Erde gelangen. Daß andere Meteorite, namentlich die Meteoreisenmassen und die kohligen eine theilweise andere Entstehung gehabt haben müssen, ist nicht zweifelhaft; sie mögen einen ruhigeren Proceß an der Oberfläche des Himmelskörpers durchgemacht und nur das mit den steinigen Meteoriten gemein haben, daß sich zum Theil dasselbe Material an ihrer Zusammensetzung betheiligte, wenn auch in geringerer Menge, und daß sie auf gleiche Weise zerstückelt und abgeschleudert wurden."

Ueber einen der schönsten Meteorite, den Eisenmeteoriten von Rittersgrün im sächsischen Erzgebirge, liegen von den Freiberger Professoren A. Weisbach und Cl. Winkler interessante Untersuchungen vor. Dieser Meteorit rührt möglicherweise von dem „Eisenregen" her, der nach dem Berichte des Meißener Superintendenten Sarctorius (gest. 1609) zu Pfingsten des Jahres 1164 „im Meißnischen" stattgefunden hat; es existiren auch noch von zwei anderen nahe gelegenen Fundorten, Steinbach, aufgefunden 1751, und Breitenbach im nördlichen Böhmen, aufgefunden 1861, Meteorite von ganz ähnlicher mineralogischer Beschaffenheit. Aufgefunden wurde der Rittersgrüner Meteorit 1833 von einem mit Ackerroden

1) A. Weisbach, der Eisenmeteorit von Rittersgrün. Freiberg 1876. Mit Abbildung. — Cl. Winkler, Untersuchung des Eisenmeteorits von Rittersgrün. Nova acta der kaiserl. leop.-carol. Akad. Bd. XL, Nr. 8. Halle 1878.

beschäftigten Waldarbeiter, im Jahre 1861 erwarb ihn der Oberbergrath Breithaupt für die Sammlung der Freiberger Bergakademie. Er hatte damals ein Gewicht von 86,5 Kilogr., unregelmäßige Form, 0,43 Meter mittlern Durchmesser, und war mit einer über millimeterdicken Rostschicht bedeckt, unter der sich die sogenannte Brandrinde in Form einer pergamentstarken Lage von Magneteisenerz befand. Der Meteorit wurde ihn Wien zerschnitten, welche äußerst mühevolle und kostspielige Arbeit zwei volle Monate beanspruchte. Der Hauptabschnitt von 55 Kilogr. Gewicht, welcher der mineralogischen Sammlung der Freiberger Akademie angehört, hat eine Schnittfläche von 118 Centim. Umfang und 1104 Qu.-Centim. Inhalt; kleinere Stücke kamen an verschiedene Museen und zum Verkauf.

Nach Weisbach ist das mittlere spec. Gewicht des Meteorites 4,29 und er besteht aus etwa $^{3}/_{10}$ Volumtheilen Meteoreisen und $^{7}/_{10}$ einer unmetallischen braunen Masse, vorwiegend aus hypersthenähnlichem Broncit gebildet, in dem reichlich Magnetkies (Troilit) und sparsam Schreibersit (Phosphornickeleisen) eingesprengt sind. Beim Behandeln mit verdünnter Salzsäure bleibt außer Schreibersit und Broncit auch noch eine unlösliche weiße Substanz zurück, lediglich aus Kieselsäure bestehend und identisch mit dem 1871 von Maskelyne im Meteorit von Breitenbach entdeckten Asmanit.

Den Untersuchungen Winkler's zufolge hat der Rittersgrüner Meteorit, wenn man die geringe Menge Asmanit den unmetallischen Bestandtheilen zuzählt, folgende Zusammensetzung

51,031 Proc. metallische Bestandtheile	Nickeleisen $Fe_9 Ni$	50,406
	Phosphornickeleisen $(Fe Ni)_4 P$	0,149
	Phosphoreisen $Fe_2 P$	0,274
	Siliciumeisen $Fe_2 Si$	0,169
	Schwefeleisen $Fe S$	0,015
	Kohlenstoffeisen	Spur
	Kupfer	0,018
48,969 Proc. unmetallische Bestandtheile	Troilit	7,211
	Asmanit	8,527
	Broncit	32,908
	Chromeisenerz	0,323

Beim Erhitzen im Vacuum ließ eine 6 Stunden lang bei 150° getrocknete Probe des Meteoriten das 1,03 fache ihres

Volumens an Gas entweichen, dessen genauere Untersuchung leider nicht möglich war, das sich aber deutlich als brennbar erwies. Außerdem ergab sich 0,23 Proc. Wasser, von dem es allerdings zweifelhaft bleibt, ob dasselbe von Anfang an dem Meteoriten angehört hat.

„Höchst auffällig war aber die Veränderung, welche die Farbe des unmetallischen Theils des Meteorits bei der Erhitzung im Vacuum erlitt. Ursprünglich braun, ja in einzelnen Partien fast gelb, färbte sich derselbe schon weit unter der Glühtemperatur tiefschwarz." Dieselbe Erscheinung, die früher schon beim Erhitzen im Kölbchen beobachtet und auf Rechnung einer oberflächlichen Oxydation des Troilits gesetzt worden war, trat „ferner ein beim Erhitzen innerhalb einer chemisch indifferenten Atmosphäre von Wasserstoff- oder Stickstoffgas, und in allen diesen Fällen erwies sie sich durchaus nicht als oberflächlich, sondern bis in den innersten Kern der Stücken gehend." Den Grund dieser Veränderung ausfindig zu machen ist nicht gelungen. Diese Erscheinung ist höchst beachtenswerth wegen der Consequenzen, die sich daraus ziehen lassen. „Seiner jetzigen, durch die ganze Masse gleichmäßigen Beschaffenheit nach zu schließen, kann der Rittersgrüner Meteorit unmöglich einem in hoher Temperatur befindlichen Entstehungsheerde entstammen, wenigstens kann er nicht dessen unmittelbares Produkt sein; ebensowenig aber kann er bei seinem Fall auf die Erde eine beträchtliche Erhitzung erlitten haben."

Es erhebt sich nun die Frage nach dem Ursprunge des dünnen glänzenden Ueberzuges, der die Außenseite der Meteorite charakterisirt und den man, in der Meinung, er sei ein Product oberflächlicher Schmelzung, gewöhnlich als Brandrinde, Schmelzkruste oder Glasur bezeichnet. „Auch der Meteorit von Rittersgrün zeigt die sogenannte Brandrinde in völlig ausgebildeter Weise. Aber dicht an die papierdünne Kruste stößt das Gemenge von Troilit, Asmanit und Broncit mit unveränderter lichtbrauner Farbe, während er sich doch schon wenig über Bleischmelzhitze tief schwarz färbt! Wie soll man nun annehmen können, daß hier eine oberflächliche Schmelzung, eine Art Verglasung, die Weißgluth voraussetzen würde, stattgefunden habe? Wäre dies der Fall gewesen, so müßte bei der hohen Wärmeleitungsfähigkeit der zur Hälfte aus gleich-

mäßig vertheiltem metallischen Eisen bestehenden Substanz des Meteorits eine sich bis unter die Brandrinde hinein erstreckende Veränderung der nicht metallischen Masse, es müßte eine geschwärzte Zone zu bemerken sein, denn eine haarscharfe Abgrenzung zwischen einer bei Weißgluth geflossenen Substanz und einer sich schon bei gelindem Erhitzen intensiv schwärzenden Masse ist absolut undenkbar.“ Winkler erinnert dann an einige Beobachtungen, welche man bei Meteorsteinfällen gemacht hat und welche ebenfalls mit der Annahme einer oberflächlichen Schmelzung der Aërolithen während ihres Falles zur Erde nicht in Einklang zu bringen sind. „So waren die am 31. März 1875 zu Zsadány in Ungarn, Temeser Comitat, sichtbar zur Erde niedergegangenen Meteorsteine völlig kalt,“ und ebenso erwies sich nach Nordenskiölds Bericht bei dem Meteorite von Ställdalen (vor. Jahrg. dieses Jahrb. S. 47) die Temperatur nicht auffallend hoch.

Dieses Meteor zeichnete sich durch außerordentliche Lichtstärke aus. An einem sonnenklaren Sommertage, 28. Juni, war es in 50 bis 250 Kilom. Abstand als eine stark leuchtende, sich nach hinten verschmälernde Feuermasse sichtbar, der ein Lichtstreifen folgte, welcher mehrfach länger als der Kern war; in der Nähe dagegen war das Feuerphänomen nur unbedeutend. Nach der nur wenige Secunden dauernden Erscheinung erschien die Bahn noch einige Zeit durch einen Rauchstreifen bezeichnet; aus der Nähe wurden nur einzelne zitternde, dunkle Wölkchen wahrgenommen, die schnell über den Himmel zogen, und aus denen die Detonationen herzukommen schienen. Nordenskiöld ist der Ansicht, daß die Hauptmasse der kosmischen Substanz, welche das Material für die Lichtentwickelung liefert, nicht aus den niederfallenden Steinfragmenten besteht, sondern aus einer brennbaren Substanz, welche keine festen Rückstände hinterläßt.

Besonders bemerkenswerth ist es aber, daß der Meteorit von Ställdalen beim Erhitzen eine ähnliche Farbenänderung erleidet, wie der von Rittersgrün. Seine harte und schwer zersprengbare Grundmasse setzt sich nämlich aus einer grauen und einer schwarzen Substanz zusammen; beide sind reichlich durchsetzt von schwarzen glänzenden Flächen und enthalten Körner und mikroskopische Krystalle von Olivin, sowie

Nickeleisen in Körnern und als netzförmiges Geäder. Nach G. Lindström's Untersuchung stimmen die graue und die schwarze Grundmasse in der Zusammensetzung nahezu überein, und die erste wird bei starker Rothgluth sowohl in oxydirendem als auch in reducirendem Gase schwarz. Es liegt deshalb der Gedanke nahe, daß der schwarze Theil nur einer ungleichmäßigen Erhitzung des Steines seine Entstehung verdanke. „Nimmt man an, die Erhitzung habe erst in der Atmosphäre stattgefunden, so beweist einerseits die graue Farbe vieler Steine, daß diese nicht einer starken Temperaturerhöhung ausgesetzt waren; andererseits gestatten diejenigen Steine, welche an einzelnen Stellen bis dicht an die Oberfläche grau, an anderen bis tief ins Innere schwarz sind, den Schluß, daß sie Bruchstücke eines oder mehrerer Meteorite sind. Wären sie ungefähr in der vorliegenden Größe in die Atmosphäre gelangt, so würde eine mehr gleichförmige Vertheilung der schwarzen Grundmasse an der Oberfläche zu erwarten sein.

Bemerkenswerth ist auch die schwarze Rinde des Meteorits von Ställdalen, die an einzelnen Stellen so dünn ist, daß sonst frische Flächen nur wie angerußt oder wie mit einem dünnen Häutchen bekleidet erscheinen, an anderen Stellen wieder dicke Krusten bildet. Im letzteren Falle sind die Unebenheiten der Bruchflächen verschwunden, die dann abgerundet erscheinen, aber reichlich die charakteristischen Höhlungen der Meteoriten zeigen. Nach Nordenskiölds Ansicht rührt hier wie bei den Meteoritenfalle bei Hessle, die Rinde von mehreren, zu verschiedenen Zeiten eingetretenen Explosionen her. Mit Nordenskiöld hält es auch Winkler für wahrscheinlich, daß die mit dem Falle des Meteorits von Ställdalen verbundene „intensive Lichterscheinung, und zum Theil sogar die ihn begleitende Detonation auf die Entflammung einer dem Meteorit zugehörigen Atmosphäre von brennbaren Gasen zurückzuführen ist, bei welcher die beobachtete Wolke durch das Umherschleudern von Staubpartikeln, vielleicht sogar durch eine Ausscheidung von Kohlenstoff aus vorhandenen, unter dem hohen Drucke der comprimirten Luft verbrennenden Kohlenwasserstoffgas hervorgebracht wird. Denn es ist bekannt, daß die klare Flamme der gasförmigen Kohlenwasserstoffe unter beträchtlich verstärkten Druck trübe, qualmend und rußend wird, die Wasser-

stoffflamme aber an Leuchtkraft gewinnt." Uebrigens muß es hier ebenso wie beim Rittersgrüner Meteorit auffallend erscheinen, „wie die Masse oberflächliche Schmelzung erleiden konnte, ohne daß 1/2 Millim. tiefer auch nur Gluthspuren zu bemerken sind. So schwer sich hier, wie dort, die oberflächliche Schmelzung der Meteorite durch Reibungswärme mit dem Verhalten beim Erhitzen in Einklang bringen läßt, und sowenig die verhältnißmäßig niedrige Temperatur, mit welcher dieselben . . . auf der Erde anlangen, für eine solche spricht, so läßt sich doch die offenbare Verglasung, wie die Ränder und Risse anderer Meteorite sie aufweisen (Bishopville), ja das unverkennbare Ueberfließen der Kanten in der Richtung, aus welcher der Fall erfolgte (Stannern) gar nicht anders als durch die Annahme einer partiellen Schmelzung erklären."

Wenn es hiernach und nach den früheren Untersuchungen von Reinsch und Meunier wahrscheinlich ist, daß die sogenannte Schmelzrinde der Meteorite nicht in allen Fällen als ein Product der Schmelzung betrachtet werden darf, so findet Winkler den Wunsch gerechtfertigt, den Grad der Erhitzung, welchen ein die Erdatmosphäre mit großer Geschwindigkeit durchschneidender Körper erleidet, experimentell festgestellt zu sehen. Es sind derartige Versuche um so wünschenswerther als man bis jetzt „dem Vernehmen nach" an Geschossen, welche die Strecke von etwa einer Meile in 10 Secunden durchflogen, keine auffällige Erhitzung bemerkt hat, wenigstens erschienen die um dieselben gezogenen Hartbleiringe, die in die Züge des Rohres einschneiden, vollkommen metallisch glänzend und ohne jede Spur von Oxydation, wie denn auch der zum Vergießen der Zwischenräume in der Kugelfüllung der Shrapnels dienende Schwefel beim Platzen des Geschosses in Form eckiger, zackiger Stücke umhergeworfen wird, also keine Schmelzung erlitten hat. Wie gesagt, könnten genauere Beobachtungen in der angedeuteten Richtung — etwa die Anwendung von Amalgamen oder die des leichtflüssigen Wood'schen Metalles an Stelle des Hartbleis —, wenn sie auch keine directen Vergleiche geben, doch zu mancherlei Aufschlüssen führen und die Frage, ob die Meteorite während ihres Falles auf die Erde wirklich eine außerordentliche Oberflächenerhitzung erleiden, ihrer Lösung näher bringen."

Fixsterne und Nebel.

Parallaxen-Bestimmungen hat man bis jetzt gewöhnlich bei Fixsternen ausgeführt, die sich entweder durch große Lichtstärke oder durch rasche Bewegung auszeichnen. Gleichwohl treffen beide Merkmale nicht immer mit einem großen Werth der Parallaxe zusammen. So besitzt Sirius nach Gyldén eine Parallaxe von nur $1/5$ Secunde, und bei einem Sterne von der ungemein starken Eigenbewegung von jährlich 7 Sec. fand Brunnow dieselbe gleich $1/10$ Sec. Da man nun die rothen Sterne für zum Theil ziemlich nahe hielt, so sind, wie Prof. R. S. Ball auf der letzten Versammlung der Britischen Association berichtete, neuerdings auf der Sternwarte zu Dunsink Beobachtungen angestellt worden, um diese Frage zu entscheiden. Es wurden im Ganzen 42 Sterne untersucht, aber in fast allen Fällen war das Ergebniß ein negatives; es zeigte sich, daß die jährliche Parallaxe nicht 1 Sec. erreicht, ja wahrscheinlich nicht $1/2$ Sec. übersteigt.

Prof. Gyldén, Director der Sternwarte in Stockholm hat die mittlere Parallaxe P eines Sternes erster Größe zu ermitteln gesucht,[1] indem er von der Hypothese ausging, daß zwischen dieser Größe, der wirklichen Parallaxe p und der scheinbaren jährlichen Bewegung s eines Sternes n ter Größe, der mittleren scheinbaren Bewegung σ und der seiner Größenclasse entsprechenden Entfernung M die Gleichung bestehe

$$p = \frac{Ps}{\sigma M}.$$

Seiner Rechnung legte er die Parallaxen und scheinbaren jährlichen Bewegungen der folgenden 16 Sterne zu Grunde:

	Größe	p	s
α Centauri	1	0″900	3″674
61 Cygni	2	0,511	5,221
Lalande 21185	7	0,501	4,734
34 Groombridge	8	0,307	2,801
Lalande 21258	8,5	0,260	4,403
Oeltzen 17415	9,5	0,247	1,200
σ Draconis	5	0,222	1,925
Sirius	1	0,193	1,252

1) Nature XVIII, p. 669.

	Größe	p	s
70 Ophiuchi	4	0,162	1,108
α Lyrae	1	0,153	0,349
1830 Groombridge	7	0,147	7,053
ι Ursae majoris	3	0,133	0,525
α Bootis	1	0,127	2,258
γ Draconis	2	0,092	0,063
α Aurigae	1	0,046	0,438
α Ursae minoris	2	0,046	0,045

Unter der Annahme, gleicher Zuverlässigkeit dieser Daten findet Gyldén P = 0″045. Da aber diese Annahme unzulässig ist, so berechnet er auf anderem Wege P = 0″062. Dieser Werth erscheint wesentlich beeinflußt durch einige Sterne erster Größe mit starker Eigenbewegung; nach Weglassung von α Centauri, α Bootis und Sirius ergiebt sich P = 0″086 und nach Weglassung aller Sterne erster Größe P = 0″083. Zieht man aber nur die 9 Sterne in Betracht, deren Eigenbewegung weniger als 2″ beträgt, so findet man P = 0″084. Gyldén glaubt aus der großen Uebereinstimmung dieser beiden Bestimmungen eine Stütze für seine Hypothese entlehnen zu können. Es ist zu bemerken, daß der von Gyldén gefundene Werth innerhalb der Grenzen des wahrscheinlichen Fehlers mit dem früher von Peters berechneten 0″102 ± 0″026 übereinstimmt.

Rothe Sterne. — Einen neuen Katalog der rothen Sterne hat J. Birmingham, Astronom in Millbrook, Tuam in Irland, geliefert.[1]) Derselbe enthält sämmtliche Sterne, welche von Schjellerup, D'Arrest, Schmidt, Webb und Secchi als roth oder gelbroth aufgeführt worden sind, und dazu noch etwa 100 neue, von Birmingham, Webb, Burton, Ball, Copeland u. A. aufgefundene. Im ganzen sind es 658 Sterne, deren angenäherte Positionen für 1860 angegeben sind. Mit besonderer Sorgfalt sind die Wahrnehmungen der verschiedenen Beobachter bezüglich der Farbe, Helligkeit und der Veränderung dieser Erscheinungen zusammengestellt; ebenso sind die Resultate der spectroskopischen Arbeiten von Secchi, D'Arrest, Vogel und Huggins zusammengestellt.

1) The Red Stars. Observations and Catalogue. (Transactions of the Roy. Jrish Academy. Vol. XXVI. Part VII) separat bei Williams u. Norgate, London).

Merkwürdig ist die von Birmingham gemachte Beobachtung, daß bei röthlichen Sternen mit veränderlicher Helligkeit die rothe Farbe im Allgemeinen mehr hervortritt, wenn die Helligkeit abnimmt. Zur Erklärung stellt Birmingham die Hypothese auf, daß der Stern von einem rotirenden Ringe nebligen Stoffes umgeben sei, der an verschiedenen Stellen verschiedene Ausdehnung hat, sodaß die Veränderungen in der Farbe und Helligkeit des Sternes blos Folge des dazwischentretenden Schleiers sind.

Doberck in Markree=Castle hat den größten Theil der Sterne des Birmingham'schen Katalogs in eine isographische Projection der nördlichen Hemisphäre eingetragen und dabei gefunden[1]), daß ungefähr die Hälfte desselben in der Milchstraße und ein großer Theil der übrigen in deren Nähe liegt, sodaß man rechnen kann, es liegen von je 7 etwa 4 innerhalb oder nahe bei der Milchstraße.

Periodischer Farbenwechsel. Der von Dr. Klein entdeckte periodische Farbenwechsel des Sternes α im Großen Bären oder Dubhe (dieses Jahrb. XIII, S. 50) ist besonders von Weber in Peckeloh weiter verfolgt worden und es hat derselbe aus etwa 300 Beobachtungen vom 5. August 1876 bis 26. November 1877 eine Periode von 31,98 Tagen berechnet. Doch bleiben die Farbentöne nicht in allen Perioden dieselben, und es hat insbesondere Torvald Köhl in Kopenhagen, der gleichfalls diesen Untersuchungen seine Aufmerksamkeit zugewandt hat, die Wahrnehmung gemacht, daß der Stern bisweilen tief orange war, wann er hätte weiß leuchten sollen. Während aber Köhl auch an der Unveränderlichkeit der Periode zu zweifeln geneigt ist, glaubt Weber dieselbe festhalten zu dürfen. „Vergleichsweise," schreibt er, „denke ich an die Sonne: sie mag mit vielen oder wenig Flecken behaftet sein, ihre Rotation bleibt dieselbe."[2])

Nach Webers Beobachtungen zeigen auch noch andere Sterne im Großen Bären einen periodischen Farbenwechsel. Zunächst ε oder Alioth, von dem Heis schon vor 30 Jahren vermuthet hat, daß er im Bezug auf Lichtintensität veränderlich sei. Dies

1) Astron. Nachr. Bd. 94, Nr. 2234, S. 31.
2) Wochenschr. f. Astronomie ꝛc. 1878.

hat nun Weber bestätigt gefunden, und zwar fällt die größte Lichtstärke, welche die von α noch übertrifft, auf den Moment, wenn er in weißem Lichte erglänzt. Die Periode des Farbenwechsels zwischen weiß und blaßgelb beträgt 29,5 Tage.

Ferner ist auch β zwischen orange und leicht feuerroth veränderlich, wahrscheinlich in kürzerer Zeit als α; und ebenso sind geringere Schwankungen bei ζ und η wahrgenommen worden.

Prof. Schmidt in Athen hat schon vor längerer Zeit [1]) versucht die Farbenänderung des Arctur nachzuweisen und die Grade der Farben durch Zahlen auszudrücken. Zu dem Zwecke hat er mit Uebergehung der selteneren Farben Grün, Blau und Violett eine Scala angegeben, die zwischen dem reinen Weiß und dem reinen Roth zehn Grade enthält. Hat diese Scala auch nur geringen Werth, so läßt sie sich doch vielleicht einmal mit directen Farbenmessungen in Verbindung bringen, welche Zöllners ausgezeichneter Apparat (dieses Jahrb. V, S. 126) in Aussicht stellt.

In einer kürzlich veröffentlichten Arbeit [2]) untersucht nun Schmidt die Unterschiede der Farben, wenn der Beobachter sich zweier Instrumente von ungleicher Kraft bedient, und diejenigen, welche sich für zwei Beobachter an demselben Instrumente ergeben; ferner giebt er Zahlwerthe für veränderliche Sterne und für die Planeten und endlich bespricht er noch die Aenderung der Farben. Da Schmidt, „ungeachtet neuer und sehr zahlreicher Beobachtungen in 7 Jahren" nicht beabsichtigt, feste Resultate mitzutheilen, sondern es vorzieht, „zu Gunsten derjenigen Beobachter, die sich ernstlich mit Farbenbestimmungen beschäftigen, die Sachlage nach verschiedenen Richtungen näher zu erörtern," so wollen wir wegen der Einzelheiten auf die Arbeit selbst verweisen, und nur das Eine mag hier erwähnt werden, daß Schmidt zwar eine wirkliche Aenderung der Farben der Fixsterne für wahrscheinlich hält, aber nur beim Arcturus eine solche mit genügender Sicherheit nachzuweisen vermag. „Ich vermuthe," schreibt er, „längst derartige Aenderungen an einigen anderen Sternen, werde jedoch mein Urtheil darüber noch zurückhalten. Theoretische Schlüsse über die Abkühlung,

1) Astron. Nachr. Nr. 999, 1897 u. 1902.
2) Dies. Bd. 94, Nr. 2236, S. 55.

über die äußerste Langsamkeit der Farbenänderung, leiten mich bei meinen Beobachtungen nicht, ebensowenig bei den veränderlichen Sternen die Voraussetzung, daß die Perioden ganz oder nahezu constant sein müssen. Die Farbenänderungen scheinen oft auf kurze Perioden beschränkt zu sein. Wenn es mir auch nicht gelang, bei α Ursae majoris die 35 tägige Variation der Farbe zu erkennen, die Herr Weber gefunden hat, so zweifle ich deshalb keineswegs an der Angabe eines so sorgfältigen Beobachters, wenn ich auch mit Befremden bemerke, daß derselbe den Stern gelegentlich weiß gesehen hat, während ich durch 38 Jahre, mit Hilfe sehr verschiedener Fernröhre, den Stern nie anders als rothgelb, oder zum Wenigsten tief gelb gesehen habe."

Doppelsterne. Der im vorigen Jahre veröffentlichte Band der Memoiren der russischen Centralsternwarte Pulkowa enthält die mikrometrischen Messungen von Doppelsternen, welche während eines Zeitraumes von vierzig Jahren von Prof. O. von Struve ausgeführt worden sind. Der Werth dieser zahlreichen genauen Messungen wird bedeutend erhöht durch den Umstand, daß sie von einem und demselben Beobachter mit denselben Instrumenten und nach derselben Methode während einer langen Reihe von Jahren angestellt worden sind.

Einen neuen Katalog derjenigen doppelten und mehrfachen Sterne, bei denen eine Veränderung der relativen Stellung ihrer Componenten erkennbar ist, hat der Pariser Astronom Camille Flammarion veröffentlicht. Er giebt in diesem Werke eine reiche Sammlung von Messungen dieser Sterne von den Zeiten des älteren Herschel bis zur Gegenwart, welche sich in verschiedenen Werken zerstreut finden. Flammarion hat auch selbst im J. 1877 auf der Pariser Sternwarte an 130 Objecten neue Messungen vorgenommen.

Von den etwa 11000 doppelten und mehrfachen Sternen, welche bis jetzt entdeckt worden sind, lassen nach Flammarion nur 819 eine relative Bewegung ihrer Componenten mit Sicherheit erkennen. Unter diesen 819 Gruppen befinden sich 731

1) Catalogue des Etoiles Doubles et Multiples en Mouvement relatif certain. Paris, Gauthier-Villars. 1878. — Vgl. auch Comptes rendus, Vol. 87, p. 638, 835, 872.

doppelte, 73 dreifache, 12 vierfache, 2 fünffache und ein sechsfacher Stern. Diese 1745 Sterne sind Gegenstand von etwa 28000 Messungen gewesen.

Von den 819 Gruppen bilden 558 physische Systeme, die eine Bewegung des einen Sternes um den andern zeigen, während 316 nur in Folge der Perspective bei einander erscheinen, also rein optische Gruppen bilden. Es giebt 17 physische Systeme, deren Componenten sich in gerader Linie bewegen, 23 ternäre Systeme, 32 dreifache, nicht ternäre Sterne, die aus einem binären Systeme und einem optischen Begleiter bestehen, und 5 quaternäre Systeme. Auch fand Flammarion 14 Systeme mit mehr als einer Bogenminute Abstand und 85 physische Paare, deren Componenten eine gemeinschaftliche Eigenbewegung im Raume besitzen, aber in fester Stellung gegen einander geblieben sind. Im 280. von den 558 physischen Systemen erfolgt die Bewegung im Sinne von Nord über West nach Süd, retrograd; bei 248 ist sie direct, und 30 bewegen sich in einer Ebene, die durch die Sonne geht.

Der Doppelstern α Centauri. Von diesem prächtigsten aller Doppelsterne, der zugleich unter allen Fixsternen mit bekannter Parallaxe uns am nächsten steht, haben schon W. St. Jakob und Hind Bahnelemente berechnet. Auf Grund der Beobachtungen der letzten Jahre hat nun kürzlich Dr. Doberck in Markree-Castle eine neue Bestimmung dieser Elemente vorgenommen,[1] und obwohl die Ergebnisse nur als vorläufige zu betrachten sind, dürften sie doch der Wahrheit näher kommen als alle früher veröffentlichten. Wir geben nachstehend eine Vergleichung der älteren Jacob'schen, der Hind'schen von 1877 und der neuen Doberck'schen Elemente.

α Centauri

	Jacob	Hind	Doberck
Durchgang durchs Periastron	1851,50	1874,85	1875,12
Länge des Knotens . . .	86° 7′	21° 48′	25° 32
Knoten bis Peristron . . .	291 45	59° 19′	45 58
Neigung der Bahn . . .	47 36	82° 18	79 24
Excentricität	0,0500	0,6670	0,5332
Halbe große Achse	15″500	21″797	18″45
Umlaufszeit . . . Jahre	77	85,042	88,536

1) Astron. Nachr. Bd. 94, Nr. 2245, S. 207.

Nimmt man für die Parallaxe den Mittelwerth zwischen den Bestimmungen von Maclear und Moesta, nämlich 0″928, entsprechend 3½ Jahren Lichtzeit, so ergiebt sich aus dem Doberck'schen Werthe des scheinbaren mittleren Abstandes, daß der Begleiter vom Hauptsterne etwas weiter entfernt ist als im Mittel Uranus von der Sonne.

Die Doppelsterne γ Leonis und 36 Andromedae — Σ73.

Von diesen beiden Doppelsternen hat Dr. Doberck die folgenden Elemente berechnet:

	36 Andromedae[1])	γ Leonis[2])
Länge des Knotens	93° 46′	111° 34
Knoten von Periastron . .	115 42	195 22
Neigung der Bahn	51 53	43 6
Excentricität	0,6537	0,7327
Durchgang durchs Periastron	1801,73	1741,00
Umlaufszeit . . . Jahre	316,07	407,04
Halbe große Achse	1″65	1″98

Ein neuer, äußerst schwacher Begleiter des Aldebaran ist von S. W. Burnham in Chicago mit dem 18½ zölligen Clark'schen Refractor der Dearborn-Sternwarte aufgefunden worden.[3]) Derselbe steht dem Aldebaran viel näher als der schon bekannte Begleiter, der mit ihm den Doppelstern 66 in Herschels VI. Katalog bildet. Aus drei Beobachtungen (1877 Oct. 31, Nov. 10, Dec. 30) ergiebt sich der Abstand im Mittel gleich 30″35 und der Positionswinkel 109°. Der bereits bekannte Begleiter hat im Laufe der Zeit seine Stellung zum Hauptstern merklich geändert (Abstand 1782 nach W. Herschel 87″75, 1877 nach Burnham 113″94), was von der Säcularbewegung des Aldebaran herrührt, welche nach Mädler 19″1 in der Richtung 157° beträgt.

Durch das Studium der Veränderungen, welche die Lichtintensität und Färbung der Planeten bei ihrem Umlaufe um die Sonne erfährt, ist Niesten zu einer interessanten Arbeit über die Farben der Doppelsterne veranlaßt worden.[4]) Er

1) Astron. Nachr. Bd. 94, Nr. 2240, S. 121.
2) Dies. Nr. 2248, S. 255.
3) Dies. Bd. 92, Nr. 2189.
4) Bulletin de l' Acad. Royale de Belgique, 1879. No. 1.

findet, daß in physischen Systemen, wo man die Farben in Beziehung zur Stellung des Begleiters in der Bahn bringen kann, der Hauptstern weiß oder blaßgelb erscheint, wenn der Begleiter im Periastrum ist, während sonst die Farbe des ersteren gelb, goldgelb oder orange ist. Der Begleiter folgt dem Hauptsterne im Farbenwechsel und übertrifft ihn nicht selten, wenn er vom Periastrum fortgeht, noch an Weiße. In perspectivischen Gruppen ist der Begleiter fast immer blau; Niesten vermuthet, daß ein ähnlicher Grund vorliege wie bei der blauen Farbe ferner Gebirge, was auf die Anwesenheit eines gasigen Mediums im Weltraume deuten würde.

Bewegung von Doppelnebeln. Bekanntlich giebt es eine Anzahl von Doppel- und mehrfachen Nebeln, bei deren einigen man mit mehr oder weniger Sicherheit eine Veränderung in der gegenseitigen Stellung und Entfernung der Componenten erkennen kann. Aus der Vergleichung der Kataloge von Herschel, d'Arrest und Anderen hat Flammarion 13 Doppelnebel gefunden, bei denen diese Bewegung mit ziemlicher Sicherheit feststeht. Ob dieselbe eine Bewegung der Componenten um den gemeinsamen Schwerpunkt oder nur eine Folge von der selbstständigen Fortbewegung derselben im Weltraum ist, bleibt der Zukunft zur Entscheidung vorbehalten. [1])

Interessante Ansichten über die Entstehung der Nebel sind von Dr. James Croll veröffentlicht worden. [2]) Derselbe nimmt an, daß die Nebelflecke im Wesentlichen denselben Ursprung haben, wie unsere Sonne. Der Ursprung der Materie selbst beibt dabei ganz außer Frage, diese wird als vorhanden angenommen; es handelt sich nur darum, anzugeben, woher das ungeheure Quantum von kinetischer Energie stammt, welches von der Sonne seit undenklichen Zeiten in Form von Licht- und Wärmestrahlen in den Raum zerstreut wird. Dafür lassen sich nun zwei Quellen angeben: die Gravitation und die Bewegung im Raume.

Durch die Gravitation werden die im Raume zerstreuten Theilchen der Materie einander näher gebracht, es tritt Verdichtung und damit Wärme- und Licht-Entwickelung ein.

---

1) Comptes rendus, LXXXVIII, p. 27.
2) Philos. Magazine, July 1878, p. 1.

Indessen würde die Energie, welche sich auf solche Weise für die Sonne ergiebt, nach Croll's Berechnung nur auf einen Zeitraum von 20 bis 30 Millionen Jahren zur Unterhaltung der Strahlung ausreichen, während manche Ergebnisse geologischer Forschung auf ein weit höheres Alter der Erde hinweisen. Croll glaubt z. B., daß die Zeit seit dem Auftreten des ersten Lebens auf unserem Planeten auf nicht weniger als 60 Millionen Jahre veranschlagt werden darf. Er stützt sich hierbei auf eine ungefähre Schätzung die Dicke der Felsmassen, die seit der ältesten geologischen Epoche durch den Einfluß der Atmosphärilien entfernt worden sind. So lange mindestens ist also auch die Erde von der Sonne bestrahlt worden.

Reicht sonach die Gravitation nicht aus, um das nöthige Quantum von Energie zu liefern, so kann dies nur von der andern Quelle, der Bewegung im Raume herrühren. Dagegen wirkt die Gravitation als die Ursache der Ueberführung von Nebeln in Systeme, gleich dem unserer Sonne mit ihren Planeten und deren Monden, wie dies schon Kant auseinander gesetzt hat. Mittels der Bewegung der kosmischen Massen im Weltraume läßt sich aber jedes noch so große Quantum von Energie erklären, wenn man nur die Geschwindigkeit der Bewegung hinlänglich groß annimmt. Eine Masse, gleich derjenigen unserer Sonne, die sich beispielsweise mit einer Geschwindigkeit von 476 engl. Meilen [1]) in der Secunde bewegt, besitzt eine Energie, welche, in Wärme verwandelt, ausreichend ist, die Strahlung der Sonne auf 50 Millionen Jahre zu unterhalten. Die doppelte Geschwindigkeit genügt für 200 Millionen Jahre, die vierfache Geschwindigkeit für 800 Millionen Jahre, u. s. f. Wie den kosmischen Massen die Geschwindigkeit ertheilt worden ist, das können wir allerdings nicht sagen; wir können aber annehmen, daß sie solche von Ewigkeit her besessen haben, während es ungereimt wäre, den Nebelmassen einen seit unendlicher Zeit schon fortdauernden Zustand der Verdichtung durch die Gravitation beizulegen. Damit aber die Energie der Bewegung in Wärme verwandelt wird, ist es nothwendig, daß solche in rascher Bewegung begriffene kosmische

1) Eine engl. Meile = 1,60933 Kilom. = 0,21687 geogr. Meilen; 476 engl. Meilen = 103 geogr. Meilen.

Massen zusammenstoßen, ein Ereigniß, welches ohne Zweifel bisweilen eintreten wird, wenn eine große Anzahl solcher Massen sich in verschiedenen Richtungen bewegen. „Nehmen wir zwei Körper an, jeden von der halben Masse unserer Sonne, die sich einander gerade entgegengehen, jede mit einer Geschwindigkeit von 476 engl. Meilen in der Secunde (und eine solche Annahme enthält nichts Unwahrscheinliches), so würde ihr Zusammenstoß die ganze Bewegung in Wärme verwandeln, die einen hinlänglichen Vorrath bilden würde, um den gegenwärtigen Betrag der Sonnenstrahlung auf 50 Millionen Jahre zu unterhalten. Jedes Pfund der Masse würde in Folge der Aufhebung der Bewegung nicht weniger als 100,000 Millionen Fußpfund Energie in Form von Wärme besitzen, genügend um 90 Tonnen Eisen zu schmelzen oder 264,000 Tonnen um 1° C. zu erwärmen. Die ganze Masse würde in ein glühendes Gas verwandelt werden, von dessen Temperatur wir uns gar keine entsprechende Vorstellung zu bilden vermögen. Nehmen wir die specifische Wärme der Gasmasse gleich derjenigen der Luft an (also 0,2374), so würde die Masse eine Temperatur von etwa 300 Millionen Grad C. oder das 140,000fache von derjenigen des Voltaischen Bogens besitzen."

Croll versucht nun die verschiedenen Eigenschaften der Nebel nach seiner Theorie zu erklären. Man könnte zunächst einwenden, daß selbst eine so enorme Temperatur wie die angegebene nicht ausreichend ist, um die Masse unseres ganzen Sonnensystems der Wirkung der Gravitation entgegen über den ganzen Raum innerhalb der Neptunsbahn auszubreiten. Dagegen macht er nun darauf aufmerksam, daß bei dem Zusammenstoß höchst sicher nicht die ganze Masse plötzlich in Gas aufgelöst wird, sondern daß zunächst eine Zertrümmerung in eine Menge von Fragmenten erfolgt, die einzeln von ansehnlicher Größe sein mögen. Da das Ganze das Werk weniger Minuten ist, so wird die Hitze sich zunächst auf der Oberfläche der Fragmente concentriren, während das Innere noch in festem Zustande verharrt. An der Oberfläche müssen sich daher Gase von enormer Hitze und Spannung entwickeln, durch welche letztere die Fragmente weit auseinander getrieben werden. Dabei ereignen sich wieder Zusammenstöße, und weitere Zertrümmerungen der Fragmente in kleinere Stücken, deren jedes wieder mit einer Gashülle

umgeben ist, sind die Folge. In dieser Weise schreitet der Proceß der Zertrümmerung immer weiter, bis die ganze Masse in den gasförmigen Zustand übergeführt ist. Die große Ausdehnung der Nebel ist also nicht einfach eine Folge ihres gasförmigen Zustandes, sondern erklärt sich daraus, daß ihre Theile im Raume zerstreut wurden, ehe sie Zeit hatten sich im Gase aufzulösen.

Auch die große Mannigfaltigkeit in den Formen der Nebel hat hiernach nichts Befremdendes, und ebenso findet die geringe Lichtstärke der Nebel ihre ungezwungene Erklärung in der Zerstreutheit der gasigen Materie derselben, die eine Folge ihrer Entstehungsweise ist. Es wurde erwähnt, daß unter der Annahme einer ursprünglichen Geschwindigkeit von 476 engl. Meilen jedem Pfund der Sonnenmasse ein Quantum von 100,000 Millionen Fußpfund Energie in Form von Wärme zukommt; rechnet man das spec. Gewicht der Sonne zu 1,43, also das Gewicht eines Cubikfußes zu 89 Pfund, so giebt dies für den Cubikfuß 8,9 Billionen Fußpfund. Wenn wir aber voraussetzen, daß die Masse der Sonne in Gestalt eines Nebels sich bis zur Neptunsbahn, also über einen 274,000 Millionen mal so großen Raum als gegenwärtig ausgebreitet hat, so ergeben sich nur noch 32 Fußpfund für den Cubikfuß. In Wirklichkeit ist aber dieses Quantum noch um die Energie zu vermindern, welche bei der Ausdehnung der Masse, der Gravitation entgegen, aufgewendet wird und also während des Nebelzustandes der Sonne nicht als Energie auftreten kann. Dieses Quantum schlägt Croll so hoch an, daß es die heutige Strahlung auf 20 Millionen Jahre unterhalten könnte, und so erhält er nur noch 19 Fußpfund Energie in Form von Wärme im Cubikfuß. Da nun die Dichte des so im Raume ausgebreiteten Nebels nur $^1/_{16248000}$ von derjenigen des Wasserstoffs bei gewöhnlicher Temperatur und mittlerem Luftdrucke ist, so kommt zwar den einzelnen Molekeln eine außerordentlich hohe Temperatur zu, das von der Masse ausgestrahlte Licht ist an Intensität aber höchstens dem elektrischen Lichte in einer Vacuumröhre vergleichbar.

---

1) 1 Pfund englische = 453,59 Gramm, 1 Fuß engl. = 0,3047 Meter, 1 Cubikfuß = 0,0284 Cub.-Meter; 1 Fußpfund = 0,137 Meter-Kilogr.

Den gasförmigen Zustand, welcher auf die beschriebene Weise durch Zertrümmerung der dunkeln, im Weltraum sich bewegenden Massen bei ihrem Zusammenstoße erzeugt wird, müssen wir uns als den Zustand der nicht aufgelösten Nebel denken, deren Spectrum nicht continuirlich ist, sondern aus einzelnen hellen Linien besteht. Nach Lockyer müssen wir uns in einem solchen Nebel die Elemente unverbunden, im Zustande vollständigster Dissociation denken. Die schwereren metallischen Elemente werden sich dann in der Mitte, die leichteren dem Rande näher ansammeln, und so soll sich nach Lockyer das geringere specifische Gewicht der sonnenfernen Planeten erklären.

Bei der unregelmäßigen Art der Auflösung und Zerstreuung der Massen ist vielfach Anlaß zu dichteren Anhäufungen an einzelnen Stellen geboten, und es können auf solche Weise Sternhaufen entstehen.

Gegen die Croll'sche Hypothese lassen sich allerdings verschiedene Bedenken erheben, welche ihr Urheber indessen zu entkräften versucht.

Wenn man einwendet, daß solche gewaltige dunkle Massen im Weltraume noch nicht haben beobachtet werden können, so darf das nicht Wunder nehmen, da ja nur der Lichtstrahl, der in unser Auge kommt, uns von der Existenz von Weltkörpern in weiten Fernen Kunde geben kann. Senden dieselben kein Licht aus, so muß uns selbstverständlich ihr Dasein verborgen bleiben. Daß es aber überhaupt nichtleuchtende Weltkörper giebt, ist durch die Planeten und Meteorite bezeugt.

Daß so große Geschwindigkeiten, wie Croll sie voraussetzt, nicht thatsächlich beobachtet worden sind, ist leicht erklärlich, weil ein so rasch sich bewegender Körper nicht unserm Sonnensystem angehören kann, außerhalb desselben aber nur Fixsterne und Nebel unserer Beobachtung zugänglich sind. Da beim Zusammenstoß zweier kosmischer Massen schwerlich alle Energie der Bewegung in Wärme umgewandelt wird, so sollten wir allerdings erwarten, daß manche Nebel oder Fixsterne noch große Geschwindigkeit besitzen, und wenn uns dagegen die Erfahrung keine derartige Geschwindigkeiten von mehr als 30 bis 40 engl. Meilen in der Secunde kennen gelehrt hat, so könnte man diesen Umstand gegen die Croll'sche Hypothese geltend machen. Allein unsere Kenntniß der Eigenbewegung der Himmelskörper

steht noch in den ersten Anfängen. Nur bei den wenigen Fixsternen, deren Parallaxe uns bekannt, vermögen wir aus ihrer scheinbaren Ortsveränderung die wahre Größe ihrer Fortbewegung zu ermitteln, und das Spectroskop offenbart uns nur die Größe der Geschwindigkeit in der auf uns zu oder von uns abgewendeten Richtung.

II.

Physik und Meteorologie.

Bevor wir unsere Aufmerksamkeit dem eigentlichen Gebiete der Physik zuwenden, wollen wir zunächst einen flüchtigen Blick werfen auf einige neuere

Werkzeuge des mechanischen Rechnens.

Das Bestreben, die zeitraubende und außerordentlich ermüdende geistige Arbeit des Rechnens durch mechanische Hilfsmittel ausführen zu lassen, hat schon frühzeitig zur Erfindung der logarithmischen Rechenschieber geführt. Bald nachdem die Logarithmen in die Arithmetik eingeführt worden, durch welche Multiplicationen und Divisionen durch Additionen und Subtractionen ersetzt werden, construirte der englische Astronom Edmund Gunter (gest. in London 1626) einen linearen Maßstab, auf welchem die Logarithmen der Zahlen 1 bis 100 doppelt aufgetragen waren; die Additionen oder Subtractionen führte er mit dem Zirkel aus. Oughtred machte dann um 1630 die eine der beiden logarithmischen Scalen (den Schieber) längs der andern (des Stabes) verschiebbar und schuf damit den ersten der gegenwärtig noch gebräuchlichen Rechenschieber, und zwar in der doppelten Form: als gerades Lineal und in Gestalt von concentrischen Kreisen (Rechenscheibe).

Diese Rechenschieber sind besonders in englischen Werkstätten sehr beliebt, obwohl sie im Allgemeinen nichts leisten, „was nicht ein einigermaßen geübter Rechner mit Hilfe passend eingerichteter drei- oder höchstens vierstelliger Tafeln eben so rasch, eben so sicher, unbedingt aber mit größerer Schärfe erreicht; denn

ein Rechenschieber kann, wenn er nicht etwa ungebührlich groß und deshalb unhandlich werden soll, im Allgemeinen von dem gesuchten Resultat nur die drei ersten geltenden Ziffern geben ..."[1]) Wenn dessen ungeachtet solche Rechenschieber häufig im Gebrauch sind, so erklärt sich dies daraus, daß die angegebene Genauigkeit für viele Zwecke der Technik ausreichend ist und daß der Gebrauch eines solchen Instrumentes sich sehr leicht erlernen läßt.

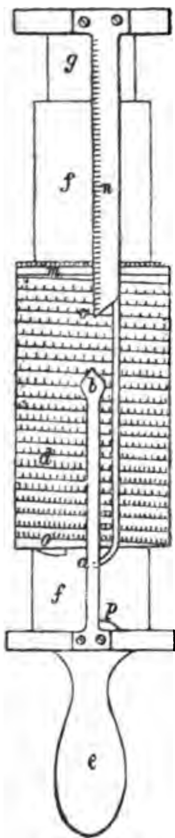
Zur Erlangung einer größeren Genauigkeit hat man mehrfach die Scaleneinheiten zu vergrößern und weiter einzutheilen, dabei aber die Anordnung so zu treffen versucht, daß der ganze Apparat keine zu großen Dimensionen annimmt. So fanden sich auf der Londoner Ausstellung wissenschaftlicher Apparate im Jahre 1876 (Loan collection of scientific apparatus at South Kensington) zwei Rechenscalen, bei denen die logarithmische Einheit in zehn Stücke zerlegt war, welche parallel nebeneinander hinliefen. Das eine Instrument war vom Professor Mannheim an der Polytechnischen Schule in Paris angegeben. „Man denke sich einen Hohlcylinder mit fünf Schlitzen, parallel zur Achse und eben so breit als die dazwischen liegenden Stahllamellen. Letztere sind gegen den Rand hin abgeschrägt und nehmen daselbst die zehnmal gebrochene logarithmische Scala auf. In dem durchbrochenen Hohlcylinder gleitet ein zweiter, welcher auf seiner glatten Mantelfläche ebenfalls 10 Scalenstücke in gleichen Bogenabständen trägt, deren jedes aber auf zwei Seiten beziffert ist, damit man es sowohl auf die obere als auf die untere Kante eines Schlitzes (die Cylinderachse horizontal dem Auge gegenüber gedacht) einstellen kann. Wenn noch erwähnt wird, daß der durchbrochene Hohlcylinder dem Stab, der innere dem Schieber des logarithmischen Lineales entspricht und daß, um den Schieber immer nur zur Hälfte herausziehen zu müssen, der Nullpunkt seiner Scala in der Mitte angebracht ist, während die Scala des Stabes am Ende eines Schlitzes beginnt, so ist . . . über den Gebrauch dieses Rechenschiebers zu Multiplicationen und Divisionen mit gemeinen Zahlen nichts weiter zu sagen. Das ausgestellte Ex-

---

1) Bruns, „Apparate zum Studium der Arithmetik" im „Bericht über die wissenschaftl. Apparate auf der Lond. internationalen Ausstellung im J. 1876," herausg. von A. W. Hofmann, Braunschw. 1878. I, S. 122.

emplar besaß eine sorgfältig getheilte Scala von 1,25 Meter Länge, war nicht ganz 0,15 Meter lang, wenige Centimeter dick, hübsch im Neusilber von Gravet, Lenoir's Nachfolger, rue Cassette 14, Paris, gearbeitet, dem das Instrument patentirt ist."[1])

Fig. 6.



Ein Hohlcylinder, der auf einem andern, als Achse dienenden beliebig auf und ab geschoben und auch gedreht werden kann, kommt auch bei einem jüngst empfohlenen, von Prof. G. Fuller in Dublin construirten Rechenstabe in Anwendung, dem unsere Quelle[2]) unter allen ihr bekannten Rechenschiebern, „was Genauigkeit der Resultate und leichte Handhabung anbelangt, den Vorzug geben" muß. Fig. 6 stellt das Wesentliche der Einrichtung in 1/4 der natürlichen Größe dar: der Hohlcylinder d, welcher auf der Achse f sitzt, bildet den Stab und trägt die längs einer Schraubenlinie aufgetragene logarithmische Scala; auf der Achse f ist der Griff e mit dem Zeiger b angebracht. Zwei andere Zeiger, c und a, deren Entfernung der axialen Länge der Schraubenlinie gleich kommt, sind an den in f gleitenden Cylinder g befestigt, so daß die Zeiger in irgend eine Stellung zum Cylinder d gebracht werden können. Die Vorsprünge o und p sind so angeordnet, daß der Index b auf den Nullpunkt der Scala zeigt, wenn sie an einander stoßen. Man bemerkt dann noch zwei Scalen m und n, erstere auf dem Lineal, welches die Zeiger a und c trägt, letztere am Umfange des Cylinders d.

1) Vogler, Anleitung zum Entwerfen graphischer Tafeln und deren Gebrauch beim Schnellrechnen, sowie beim Schnellquotiren mit Aneroid und Tachymeter. Berlin 1877, S. 50.

2) Schweizerisches Gewerbe-Blatt. Jahrg. IV, Nr. 20. (17. Mai 1879, S. 137. — Nature XX, p. 36.

Die Länge der logarithmischen Scala läßt sich hier auch bei einem kleinen Instrumente sehr groß machen, und es entspricht daher das abgebildete Instrument (Scalenlänge 12,7 Meter) im Allgemeinen einer 5 stelligen Logarithmentafel. Wie bei den Rechenscheiben reicht man auch hier mit einer einzigen logarithmischen Scala aus. Wie bei jener radiale Zeiger, so dienen hier axiale zum Ablesen der Zahlen. Der Gang für die Multiplication ist beispielsweise folgender: „Man bringt den Anfang der Scala zum festen Index b und dreht dann den beweglichen Index (c oder a) bis er auf den Multiplicanden deutet; dann wird der Cylinder d so gedreht, daß der Multiplicator vor den festen Zeiger zu stehen kommt, und nun kann das Product bei einem der beweglichen Zeiger abgelesen werden.“

Die Londoner Ausstellung zeigte noch eine Rechenscheibe von Prof. Gustav Herrmann in Aachen mit 5 Meter langer, vom Erfinder selbst auf Stein gezeichneter logarithmischer Theilung. „Sie gleitet hier nicht, wie bei Mannheim, an einer zweiten Scala hin; dafür aber werden die 10 concentrischen Bänder, in welche die logarithmische Einheit zerfällt, von zwei radialen Läufern überragt. Die Zeigerradien derselben lassen sich so stellen, daß ihr Abstand einem bestimmten log a entspricht, der sich zusammensetzen soll aus x + (n Zehntheilen der Scala). Um diesen zu y + (m Zehntheile der Scala) zu addiren, dreht man die Scheibe unter den Zeigern weg, bis der erste derselben auf b deutet, welche Zahl im (m + 1) ten Ringe gefunden wird. Am zweiten Zeiger liest man im (m + n + 1) ten Ringe das Product ab ab, dessen Logarithmus sich zusammensetzt aus:

log a + log b = y + x + (m + n Zehntheile der Scala).

Das Instrument ist Prof. Herrmann in Aachen patentirt worden und kostet 25 Mark.“[1])

Uebergehend zu den eigentlichen Rechenmaschinen erwähnen wir zunächst den von Dr. Adolph Poppe erfundenen, von ihm in Gemeinschaft mit Ingenieur Ludwig Poppe patentirten Arithmograph, welcher von der Firma Gutbrod u. Comp. in Stuttgart für 20 Mark geliefert wird.[2]) Es ist

---

1) Vogler a. a. O.

2) Beschrieben von Ingen. F. Graf in Dingler's Polytechn. Journ. Bd. 223, S. 152, mit Abbild.

dies in der Hauptsache ein Multiplicationsapparat, welcher dem Rechner nur noch Additionen zumuthet. „Bedeutende Zeitersparniß bei großer Sicherheit gegen Rechenfehler, und die Möglichkeit, mit weniger qualificirten, also auch billigeren, Kräften die complicirtesten Aufgaben lösen zu können“, werden nebst der geringen Höhe der Anschaffungskosten als Hauptvorzüge bezeichnet. Die ganze Construction kann als eine geschickte Wiederaufnahme eines Gedankens bezeichnet werden, den schon John Napier, Baron von Merchiston, in seinen „Rechenstäbchen“ (Napiers bones) zu verwirklichen versucht und in dem Werke „Rhabdologiae seu numerationis per virgulas libri duo: cum appendice de expeditissimo multiplicationis promtuario“ (Edinburg 1617) erläutert hat. Jede Multiplication beruht nämlich auf der Bildung der Theilproducte, die uns das Einmaleins giebt, deren richtiger Ordnung und Addition, wie Schema A für das Product 897.365 ausführlich zeigt, wobei die Multiplication mit der 5 angefangen ist.

A.

```
897 . 365
---------
     35
    45
   40
    42
   54
  48
   21
  27
 24
---------
327405
```

Die einzelnen Theilproducte sind nun auf Stäbchen aufgetragen, z. B. ein mit 5 bezeichnetes Stäbchen enthält die Vielfachen der 5 vom einfachen, welches zu unterst steht, bis zum 9 fachen zu oberst, aber mit umgekehrter Anordnung der Ziffern, so daß z. B. fünfundvierzig durch 54 ausgedrückt ist. Um nun die Wirkungsweise des Arithmographen an dem gewählten Beispiele 897.365 zu erläutern, denken wir uns die drei Stäbchen, welche mit den Ziffern des Multiplicators überschrieben sind, nebeneinander auf einen Schieber gelegt, jedoch in der umgekehrten Zifferfolge 563, wie Schema B zeigt. Links daneben, aber etwas höher liegend, so daß der Schieber darunter hin gleiten kann, befindet sich nun ein Rahmen mit platten Holzstäbchen, deren jedes eine runde Oeffnung hat, gleich breit mit den früher erwähnten ist und sich auf und abschieben läßt. Entsprechend dem Multiplicator 897 denke man sich nun das erste dieser Stäbchen rechts so nach oben verschoben, daß seine Oeffnung in gleicher Linie ist mit den 7 fachen Producten auf den Stäbchen rechts; die Oeffnungen der zwei nächsten Stäbchen sind mit den 9- und 8 fachen in gleicher Linie, die der übrigen aber liegen tiefer als die Zahlen auf den Stäbchen des Schie-

ders. Die Oeffnungen, in unserem Schema durch Parenthesen angedeutet, sind so groß, daß je zwei nebeneinander stehende Ziffern in einer jeden erscheinen können. Der anfangs erwähnte Schieber ist zwischen zwei parallelen Leisten angebracht, von denen die eine mit einer Verzahnung versehen ist, in welche eine Klinke, durch eine Feder gedrückt, einschnappt, so daß eine zahnweise Verschiebung ermöglicht wird. Die Einrichtung ist nun so getroffen,

B.

5	6	3
54	45	72
04	84	42
53	24	12
03	63	81
52	03	51
02	42	21
51	81	9
01	21	6
5	6	3

daß bei der Verrückung des Schiebers nach links zunächst die erste links stehende Zifferreihe des Schiebers unter das erste Stäbchen rechts des Rahmens tritt, und daß bei jeder neuen Verschiebung um einen Zahn nach links eine Verrückung um zwei Zifferreihen stattfindet. Auf diese Weise tritt zuerst die Ziffer 5 in die am weitesten nach rechts gelegene Oeffnung; dieselbe ist die letzte Ziffer (rechts) in dem gesuchten Producte. Verschiebt man um einen Zahn, so erscheinten in der vorigen Oeffnung die Ziffern 2 und 3, in der folgenden aber die 5; ihre Summe 10 giebt die nächste Ziffer, 0, des Productes, während man 1 in Gedanken behält. Eine abermalige Verschiebung um einen Zahn giebt in den vorigen Oeffnungen 1 und 4, 4 und 4 und in der letzten Oeffnung links 0; ihre Summe 12, vermehrt um die im Gedächtniß behaltene 1, also 13, giebt die nächste Ziffer 3 des Productes, die 1 wird im Gedächtniß behalten. Nach der folgendeu Verschiebung kommen 2, 7 und 5, 8 und 4 zum Vorschein, die Summe ist 26, dazu die gemerkte 1 giebt 27 und also eine 7 als nächste Ziffer des Productes. So geht die Sache weiter, und man bemerkt leicht,

daß immer diejenigen Ziffern gleichzeitig in den Oeffnungen erscheinen, die im Schema A unter einander stehen. Sie zu addiren und die letzte Ziffer niederzuschreiben, die erste aber für die nächste Addition zu merken, ist die dem Rechner übrig bleibende Aufgabe.

Der Erfinder hat außerdem das Instrument noch für andere Operationen außer der Multiplication brauchbar zu machen gesucht und zu dem Zwecke eine Anzahl Tabellen beigegeben, die man leicht noch nach Bedürfniß vermehren kann.

Alles, die Stäbchen, der Schieber, der Rahmen &c. befindet sich in einem flachen Kasten von etwa 1/4 Meter Länge und der halben Breite, auf dessen zurückgeschlagenen Deckel die Manipulationen vorgenommen werden.

Die vollkommenste unter den bis jetzt construirten Rechenmaschinen ist bekanntlich die Thomas'sche (vergl. Jahrgang I dieses Jahrb. S. 184). Die Londoner Ausstellung von 1876 war nun insofern „höchst lehrreich, als sie den Beweis lieferte, daß man es bei der genannten Maschine mit der Vervollkommnung eines Mechanismus zu thun hat, dessen Entwickelung und Anfänge sich mit Sicherheit bis auf Pascal zurückverfolgen lassen. Allerdings kann der Pascal'sche Mechanismus aus dem Jahre 1642 streng genommen nur als eine Additions- und Subtractionsmaschine bezeichnet werden, dafür sind die Unterschiede zwischen der Thomas'schen Maschine und vier andern unter den ausgestellten um so geringer.“ 1) Es sind dies zwei Maschinen, von Viscount Charles Mahon, nachmaligen dritten Earl Stanhope (1753—1816) erfunden und von James Bullock in den Jahren 1775 und 1777 construirt, beide früher im Besitz von C. Babbage, und zwei Exemplare einer vom Pfarrer Hahn in Echterdingen in den Jahren 1770—76 ersonnenen Maschine, von denen die eine, von Prof. Reuleaux in Berlin ausgestellt, aus dem Nachlasse des bekannten Physikers und Chemikers, Hofrath Beireis in Helmstädt stammt und wahrscheinlich das erste Exemplar ihrer Art ist, während die andere, von der Herzogin von Urach in Stuttgart ausgestellt, im Jahre 1809 von dem Sohne des Erfinders, der Hofmechanicus in Stuttgart war, als viertes Exemplar

1) Bruns a. a. O. S. 124.

ausgeführt worden ist. Dieses Exemplar „zeigt bis in's Einzelne die Einrichtung der jetzt gebräuchlichen Thomas'schen Rechenmaschine mit dem Unterschiede, daß bei Thomas die Zahlen geradlinig, bei Hahn im Kreise angeordnet sind. Höchst wahrscheinlich ist ein Exemplar Muster für die Thomas'sche Maschine gewesen." 1)

Die Anwendung maschineller Hilfsmittel ist aber keineswegs beschränkt auf die Operationen der elementaren Arithmetik, sondern erstreckt sich auch auf das Gebiet der sogenannten höheren Mathematik. Sir William Thomson in Glasgow hat vor einiger Zeit eine Maschine ersonnen, welche jede Differentialgleichung oder jedes System gleichzeitiger Differentialgleichungen mit einer einzigen unabhängigen Variabeln integriren soll, und er glaubt, daß die wirkliche Ausführung der erforderlichen Mechanismen in dem für die Lösung mechanischer und physikalischer Probleme besonders wichtigen Falle linearer Differentialgleichungen zweiter Ordnung nicht auf unübersteigliche Hindernisse stoßen würde. Indem wir bezüglich der Einzelheiten dieses Projectes auf die vom Erfinder selbst gemachten Angaben 2) verweisen, wollen wir nur noch kurz des dabei zur Verwendung kommenden kinematischen Principes gedenken, welches von Professor James Thomson herrührt. Dasselbe besteht in der Bewegungsübertragung von einer Scheibe auf einen Cylinder mittels einer losen Kugel. Man denke sich eine kreisförmige, gegen den Horizont geneigte ebene Scheibe, welche um eine auf ihr senkrecht stehende Achse rotirt. Der Cylinder, auf welchen die Bewegung der Scheibe übertragen werden soll, ist so gelagert, daß seine Achse horizontal und parallel zur Ebene der Scheibe liegt. Derselbe berührt aber die Scheibe nicht, sondern es bleibt zwischen beiden ein kleiner Zwischenraum, und in der so gebildeten Rinne liegt nun die Kugel, durch welche die Uebertragung der Bewegung bewirkt wird. Man will auf diese Weise die Uebelstände vermeiden, welche die Anwendung einer einfachen Gleitrolle mit sich bringt, wenn ihre gleitende Bewegung im Vergleich mit der rein rollenden sehr beträchtlich wird.

---

1) Biedermann, Bericht über die Ausstellung wissenschaftl. Apparate im South Kensington Museum zu London 1876. London 1877. S. 9.
2) Proceed. of the Royal Soc. 1876. Febr. 3.

Schließlich gedenken wir noch einer anderen Erfindung Sir William Thomsons, die sich auf ein Problem der Elementar-Mathematik bezieht; es ist dies eine Maschine zur Auflösung simultaner linearer Gleichungen, welche derselbe in der Sitzung der Royal Society vom 5. December vor. J. beschrieben hat.

Es seien B_1 B_2, . . . , B_n n Körper, von denen jeder auf einer festen Achse (in Wirklichkeit auf einer Schneide wie der Balken einer Wage) angebracht ist. Ferner seien

P_{11} P_{21} . . . , P_{n1} n Rollen, auf B_1 befestigt,
P_{12} P_{22} . . . , P_{n2} „ „ „ B_2 „ ,
. . . .
P_{1n} P_{2n} . . . , P_{nn} „ „ „ B_n „ ;

C_1 C_2. . . C_n mögen n Schnuren sein, welche über die Rollen laufen, und zwar

C_1 von D_1 über P_{12} P_{12} . . . , P_{1n} nach E_1
C_2 „ D_2 „ P_{21} P_{22} . . . , P_{2n} „ E_2
. . . .

wobei C_1 C_2 . . . , C_n sowie E_1 E_2 . . . , E_n feste Punkte bedeuten.

Mit l_1 l_2 . . . , l_n sollen die Längen die Schnuren zwischen D_1 und E_1 D_2 und E_2 . . . , D_n und E_n bezeichnet werden, wenn die Körper B_1 B_2 . . . , B_n sich in gewissen Stellungen befinden, welche wir ihre Null-Stellungen nennen wollen; haben sie sich aber aus diesen Null-Stellungen um die Winkel F_1 F_2 . . . , F_n gedreht, so sollen diese Längen die Werthe $l_1 + e_2$ $l_1 + e_2$, . . . , $l_n + e_n$ haben.

Zur Auflösung sollen nun die n Gleichungen

$$\left.\begin{array}{l} (1\,1)\,x_1 + (1\,2)\,x_2 + \ldots + (1\,n)\,x_n = e_1 \\ (2\,1)\,x_1 + (2\,2)\,x_2 + \ldots + (2\,n)\,x_n = e_2 \\ \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \\ (n\,1)\,x_1 + (n\,2)\,x_2 + \ldots + (nn)\,x_n = e_n \end{array}\right\} \ldots (I)$$

gegeben sein, wobei die Symbole

$$\begin{array}{l} (1\,1), (1\,2), \ldots, (1\,n) \\ (2\,1), (2\,2), \ldots, (2\,n) \\ \ldots\ldots \\ (n\,1), (n\,2), \ldots, (nn) \end{array}$$

bekannte Zahlen bedeuten.

1) Nature XIX, p. 161.

Wir wollen nun jede der Größen x_1 x_2 . . . als so klein voraussetzen, daß (11), (12), . . ., (21), . . . nicht merklich von den Werthen verschieden sind, welche sie für unendlich kleine Werthe der x haben. In der Praxis wird es zweckmäßig sein, die Achsen von B_1 B_2 . . . B_n und die Befestigung der Rollen auf B_1 B_2 . . . B_n sowie die festen Punkte D_1 E_1 D_2 E_2 . . . so anzuordnen, daß bei unendlicher Kleinheit von x_1 x_2 . . . x_n die geradlinigen Theile jeder Schnur und die Linien unendlich kleiner Bewegung der Centren der Rollen, um welche die Schnur läuft, alle parallel sind. Es werden dann ½ (11), ½ (21), . . ., ½ (n 1) einfach gleich den Abständen der Mittelpunkte der Rollen P_{11} P_{21} . . . P_n von der Achse von B_1 sein; ½ (12), ½ (22), . . ., ½ (n 2) gleich den Abständen der Centra von P_{12} P_{22} . . . P_{n2} von der Achse von B_2 u. s. f.

In der Praxis müssen die Rollen verschiebbar sein, damit man jeder der Größen (11), (12), . . ., (21) u. s. w. beliebige positive oder negative Werthe beilegen kann.

Wir wollen voraussetzen, es sei dies geschehen, jeder der Körper B_1 B_2 . . . B_n sei in seine Null-Stellung gebracht und werde in ihr festgehalten. Es werden dann die Schnüre an den Punkten D_1 D_2 . . . D_n befestigt und, indem man sie um die zugehörigen Rollen legt, nach den Punkten E_1 E_2 . . . E_n hingeführt, wo man sie durch kleine glatte Ringe steckt, die hier angebracht sind. Man halte nun die Körper B_1 B_2 . . . fest und ziehe (in der Praxis durch angehängte Gewichte) die Schnuren durch die Oeffnungen in E_1 E_2 . . . E_n mit irgend welchen gegebenen Spannungen T_1 T_2 . . . T_n. Ferner seien G_1 G_2 . . . G_n die Momente im Bezug auf die Achsen von B_1 B_2 . . . B_n der Kräfte, welche nöthig sind, um die Körper festzuhalten, wenn die so angespannten Schnuren auf sie wirken. Dem Lagrange'schen Princip der virtuellen Geschwindigkeiten zufolge gelten dann die Gleichungen

$$\left.\begin{array}{l} G_1 = (11)\,T_1 + (21)\,T_2 + \ldots (n\,1)\,T_n \\ G_2 = (12)\,T_1 + (22)\,T_2 + \ldots (n\,2)\,T_n \\ \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \\ G_n = (1\,n)\,T_1 + (2\,n)\,T_2 + \ldots + (nn)\,T_n \end{array}\right\} \ldots \text{(II)}$$

Man bringe nun (in der Praxis durch das Gewicht der Rollen und durch Gegenzug-Federn) Kräfte G_1 G_2 . . . G_n

an den Körpern B_1 B_2 . . . B_n an, welche für irgend welche Spannungen T_1 T_2 . . . T_n den Gleichungen (II) entsprechen. In der Praxis ordnet man die geradlinigen Stücke der Schnuren annähernd vertical; die Körper B_1 B_2 . . . B_n befinden sich im Gleichgewicht, wenn die zu ihnen gehörigen Rollen abgenommen sind, und es ist rathsam, jede der Spannungen dem halben Gewicht einer Rolle gleich zu machen.

Die Maschine ist nun zum Gebrauche fertig. Um sie zu benutzen ziehe man die Schnuren an, bis die Längen e_1 e_2 . . . e_n durch die Ringe E_1 E_2 . . . E_n gegangen sind.

Die hierzu nöthigen Züge können positiv oder negativ sein; in der Praxis werden sie sehr klein sein, indem man mit der Hand einen ab= oder aufwärts gerichteten Druck auf die an den Schnuren befindlichen Gewichte ausübt.

Die Winkel, um welche die Körper B_1 B_2 . . . B_n sich hierbei drehen, sind die gesuchten Werthe der Unbekannten x_1 x_2 . . . x_n.

Thomson glaubt, daß die wirkliche Ausführung einer solchen Maschine keine erheblichen Schwierigkeiten bietet. Hat man durch eine erstmalige Anwendung der Maschine Näherungswerthe gefunden, so genügt eine einfache Rechnung, bei welcher man sich mit Vortheil der Crelle'schen Multiplicationstafeln bedienen kann, zur Aufstellung der Gleichungen welche die Correcturen liefern. Die letzteren findet man mit Hilfe der Maschine, ohne daß die Rollen anders zu stellen sind. Es ist zweckmäßig die Correcturen decimalenweise zu berechnen und bei höheren Decimalen das 10= oder 100 fache zu suchen, um die Operationen genau ausführen zu können. Die außerordentliche Bequemlichkeit und Einfachheit der Handhabung der Maschine dürfte für den Gebrauch besonders werthvoll sein.

Mechanik fester Körper.

Das Pendel.

Mehr als in früherer Zeit wendet die Forschung sich gegenwärtig auch auf dem Gebiete der Naturwissenschaften der Geschichte der Wissenschaften zu, und sicher ist es höchst interessant, die Wege zu verfolgen, auf denen der menschliche Geist zur

Erkenntniß der Gesetze der Natur gelangt ist und ihre Kräfte seinem Willen dienstbar zu machen gewußt hat. Auch dieses Jahrbuch, wiewohl seinen Hauptgegenstand die neuesten Fortschritte der Naturerkenntniß bilden, darf doch auch die historische Forschung auf diesem Gebiete nicht unbeachtet lassen, namentlich wenn es sich um Berichtigung weit verbreiteter Irrthümer oder um Aufklärung zweifelhafter Fragen von allgemeinerem Interesse handelt.

Eines der wichtigsten physikalischen und astronomischen Instrumente ist das Pendel in seiner Verwendung zum Messen der Zeit. Ueber den wahren Erfinder der Pendeluhr waren zeither die Meinungen getheilt. Selbstverständlich kommt dieser Name nicht demjenigen zu, der zuerst das Pendel mit einem Zählwerke verband, sondern dem, der gleichzeitig dafür sorgte, daß dem Pendel die bei jeder Schwingung verlorene Kraft auch immer wieder ersetzt wird, so daß das Pendel von der das Uhrwerk treibenden Kraft in Bewegung erhalten wird. Der Herausgeber der gesammelten Werke Galilei's, E. Albèri, sowie sein Biograph C. von Gebler, nehmen das Verdienst der Erfindung für den großen Florentiner in Anspruch, während J. H. van Swinden und neuerdings S. Günther zwar zugeben, daß Galilei zuerst das Pendel mit einem Zählwerk verbunden habe, für den eigentlichen Erfinder der Pendeluhr aber den Holländer Huyghens halten; endlich hat noch Rud. Wolf dem Schweizer Bürgi die wichtige Erfindung zugeschrieben.

Es hat nun Dr. E. Gerland in Kassel die Frage nach dem Erfinder der Pendeluhr aufs Neue einer eingehenden Betrachtung unterworfen,[1]) und dabei ist er im Betreff Bürgi's zu dem Resultate gekommen, daß keine der bekannten von diesem gefertigten Uhren ursprünglich ein Pendel hatte, selbst nicht die große Planetenuhr des Kasseler Museums. Diese Uhr besitzt allerdings ein Pendel mit verschiebbarem Gewicht, aber auch die rückspringende Ankerhemmung, welche erst um 1680 von dem Uhrmacher Clement erfunden worden ist; es ist aber erwiesen, daß diese Uhr um 1680 mit einem neuen Werke versehen worden. Will

1) Ann. der Phys. u. Chemie. N. F. IV, S. 584.

man also die Ansicht, daß Bürgi die Pendeluhr erfunden habe, nicht lediglich auf ganz unerwiesene Voraussetzungen gründen, so ist sie fallen zu lassen, zumal sonst Bürgi auch für den Entdecker des Isochronismus der Pendelschwingungen und der rückspringenden Ankerhemmung gehalten werden müßte.

Weiter findet Gerland, daß Galilei die Pendeluhr 1641 erfunden, Huyghens aber 1656, ohne von Galilei's Erfindung zu wissen, dieselbe noch einmal gemacht hat. Galilei's Erfindung wird nach dessen Dictat von dessen Schüler Viviani in einem unterm 20. August 1659 an den Prinzen Leopold von Medici erstatteten Berichte beschrieben; eine Originalabbildung davon befindet sich noch in den Galilei'schen Manuscripten der Bibliotheca Palatina in Florenz, und eine Copie davon ist u. a auch in Biedermann's Bericht über die Ausstellung wissenschaftlicher Apparate in London (Gruppe 11, Astronomie, Nr. 2282) enthalten. Huyghens hat seine Construction in der Schrift Horalogium oscillatorium beschrieben.

Bezüglich der Verwendung des Pendels als Zeitmaß mag darauf aufmerksam gemacht worden, daß man neuerdings mehrfach den elektrischen Strom benutzt, um bei jeder Schwingung die durch die Widerstände verloren gegangene Kraft wieder zu ersetzen. Derartige elektrische Pendel sind von Paget Higgs und Bourbouze näher beschrieben worden.[1])

Eine hübsche Anwendung des Pendels zur Demonstration der Zusammensetzung von Schwingungen und zur Erzeugung der bekannten Lissajous'schen Figuren bietet die von Professor Alfred Marshall Mayer in Hoboken unter den Namen Blackburns Doppelpendel beschriebene Anordnung, welche in Fig. 7 dargestellt ist.[2])

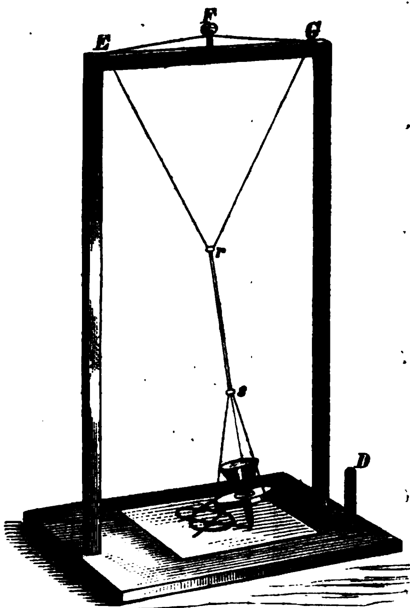
Die Höhe des abgebildeten Holzgerüstes, vom Fußbrete bis zu dem obern Quertheile beträgt 1,04 Meter, der Quer-

1) Nature XV, p. 98; Comptes rendus LXXXIII, p. 482; vergl. über beide Dingler's Journal Bd. 223.

2) Aus dem Werkchen „Sound: a series of simple, entertaining and inexpensive experiments in the phenomena of sound“ (New-York 1878) abgedruckt in Nature XVIII, p. 572, 594.

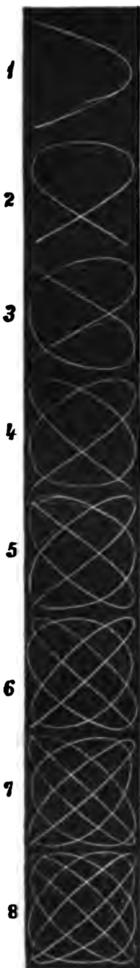
theil ist 45,7 Centim. lang. Als Gewicht dient eine Bleischeibe von 8 Centim. Durchmesser und 1,6 Centim. Dicke, welche in der Mitte eine Durchbohrung von 25 Millim. Durchmesser hat; am obern Rande ist sie mit drei Löchern versehen, so daß sie in der aus der Figur ersichtlichen Weise an drei Schnüren von je 25 Centim. Länge, die oben zusammengeknüpft sind, befestigt werden kann. Zur Aufhängung dieses Gewichtes an dem Gerüst dient eine dünne feste Schnur von 2,7 Meter Gesammtlänge, welche bei E und G durch ein Paar Löcher des oberen Querstückes des Gerüstes geht, dazwischen aber durch einen in einer dritten Durchbohrung sitzenden Wirbel F gezogen ist, der nach Art der Stimmwirbel einer Geige durchbohrt ist. Unten bei s sind beide Enden der Schnur mit dem Knoten verknüpft, in dem sich die drei die Bleischeibe tragenden Schnüre vereinigen. Dort legt man auch um die beiden Theile der oberen Schnur ein Stückchen Kupferdraht, sodaß ein verschiebbarer Ring r gebildet wird, der in der Figur höher hinauf gezogen ist. In den bleiernen Ring wird nun ein mit Sand gefüllter Glastrichter gesetzt, und wenn das so erhaltene Pendel aus seiner Gleichgewichtslage abgelenkt wird, so giebt der aus der Trichteröffnung ausströmende Sand ein Bild der Schwingungen. Der Wirbel F dient dazu,

Fig. 7.



durch seine Umdrehung das Gewicht höher und tiefer zu stellen, das Pendel zu verkürzen und zu verlängern.

Fig. 8.



Lenkt man das Pendel nach vorn, senkrecht zur Verbindungslinie der verticalen Säulen, aus seiner Gleichgewichtslage ab und läßt es dann schwingen, während man zwischen beiden Säulen ein Bretchen mit möglichst gleichbleibender Geschwindigkeit von rechts nach links zieht, so bildet der aus dem Trichter fließende Sand eine einfache Wellenlinie oder Sinusoide auf dem Bretchen. Der Ring r ist dabei nach unten bis s zu schieben, damit man ein einfaches Pendel erhält.

Man schiebe nun den Ring r bis in die Höhe von 25 Centimeter über der Mitte der Dicke der Bleischeibe und drehe dann den Wirbel F, bis der Abstand von dem obern Querstück bis zur Mitte der Bleischeibe gerade ein Meter beträgt. Das Ganze schwingt dann als ein Pendel von ein Meter Länge, gleichzeitig aber bildet der untere Theil vom Ringe abwärts ein Pendel von 1/4 Meter. Nun verhalten sich die Schwingungszahlen umgekehrt wie die Quadratwurzeln aus den Pendellängen; da also das große Pendel viermal so lang ist, wie das kleine, so wird das letztere in derselben Zeit zwei Schwingungen machen, in welcher das erstere eine macht. Damit man nun die beiden Schwingungen getrennt zur Erscheinung bringen kann, befestige man den Bleiring mit einem Fädchen an dem Holzstück D, das seitwärts so angebracht ist, daß seine Verbindungslinie mit dem Mittelpunkte der Linie zwischen den beiden Säulen einen Winkel von 45° mit der letzteren einschließt. Ist der Bleiring vollständig zur Ruhe gekommen, so brennt man den Faden mit einer Kerze durch, nachdem man vorher den Trichter mit Sand gefüllt hat. Während nun das große Pendel einmal von rechts

nach links schwingt, macht das kurze 2 Schwingungen von rechts nach links, und der ausfließende Sand giebt auf einem untergelegten Blatte die Form 1 der Fig. 8. Die weiteren Formen dieser Figur entsprechen den folgenden Intervallen: 2 der Quinte (Schwingungsverhältniß 2:3, Pendellängen 1000 und 444,4 Millim.), 3 der Quarte (3:4; 1000 und 562,5), 4 der großen Terz (4:5; 1000 und 640), 5 der kleinen Terz (5:6; 1000 und 694,4), 6 der verminderten kleinen Terz (6:7; 1000 und 734,6), 7 der vermehrten Secunde (7:8; 1000 und 766,6), 8 der Secunde (8:9; 1000 und 790,1).

Uebrigens ist die diesem Verfahren zu Grunde liegende Idee nicht neu, und es hat Hubert Airy schon im Jahre 1871 einen ähnlichen Apparat beschrieben.[1]) Derselbe verwendet aber statt des Sandes Tinte, welche aus einer Röhre in einen Pinsel fließt, der die darunter liegende Papierfläche streift. Die vergrößerte Reibung macht bei dieser Anordnung die Anwendung eines schwereren Gewichtes nöthig.

Reibung.

Die Gesetze der gleitenden Reibung fester Körper sind von Coulomb u. A. aus der Verzögerung abgeleitet worden, welche die Reibung in einem festen Körper hervorbringt. Uebrigens sind die hierher gehörigen Versuche meist mit Rücksicht auf die Bedürfnisse der Technik unternommen worden. Dagegen haben aber Landsberg[2]) und neuerdings E. Warburg und v. Babo[3]) in Freiburg die Entstehungsweise dieser Kraft aufzuhellen versucht.

Zu diesem Zwecke verwendeten die letzteren die Oberflächen gutpolirter optischer Gläser, als reibende Flächen, deren Beschaffenheit durch optische Methoden geprüft werden konnte. Wird nämlich „eine convexe Linse auf ein Planglas gelegt und um den Mittelpunkt der Berührungsstelle in Rotation versetzt, so kann man das Gebiet, auf welchem die Berührung der Flächen statt hat, mittels der sich bildenden Newton'schen Ringe beobachten und gleichzeitig die Reibung aus der Verzögerung der

1) Nature IV, p. 310, 370.
2) Poggend. Ann. Bd. 121, S. 283.
3) Ann. der Phys. u. Chemie. N. F. Bd. 2, S. 406.

Rotation beurtheilen. Läßt man auf die Linse ein passendes Directionsmoment wirken, so wird sie eine bestimmte Gleichgewichtslage annehmen und, aus dieser herausgedreht, pendelartige Schwingungen um dieselbe ausführen. Ist dabei die Reibung auf der Unterlage die einzige dämpfende Kraft und, wie es nach Coulomb sein soll, unabhängig von der Geschwindigkeit, so müssen die auf einander folgenden Amplituden in arithmetischer Reihe abnehmen, und die Abnahme des Schwingungsbogens für eine Halbschwingung giebt unmittelbar den doppelten Werth des dämpfenden Momentes der Reibung an in Theilen des Directionsmomentes, welches die Schwingungen der Linse unterhält."

Die Versuche, deren Einzelheiten a. a. O. näher angegeben sind, haben nun „innerhalb weiter Grenzen der Schwingungsdauern und für verschiedene Werthe der Belastung ergeben, daß in der That auch hier der größte Theil der Reibung eine von der Geschwindigkeit unabhängige Kraft ist. Soweit aber das der Fall ist, muß man schließen, daß dieselbe auch bei den bestpolirten Oberflächen herrührt von Unebenheiten der Oberfläche, welche, wenn auch außerordentlich klein, dennoch, wie aus dem Verfahren beim Poliren hervorgeht,[1]) jedenfalls vorhanden sind. Dürfte man nämlich die Oberflächen der sich berührenden Körper als mathematische Kugelflächen ansehen, so könnte die Molecularattraction die Reibung nicht erklären, wenn man jene als von der Geschwindigkeit unabhängig ansieht; und wäre die genannte Kraft von der relativen Geschwindigkeit abhängig, so könnte die Reibung keine constante Kraft sein, unabhängig von der Geschwindigkeit.

„Rührte ferner die Reibung von einer zwischen den Körpern befindlichen Schicht her (Luft, condensirte Flüssigkeitshaut), die als im flüssigen Zustande befindlich zu betrachten wäre, oder würde auch nur die Wirkung der beiden Körper auf einander vermittelt durch die Reibung einer solchen Schicht, so müßte der Betrag der Reibung an jeder Stelle proportional sein der relativen Geschwindigkeit, mit welcher die Körper übereinander hingleiten.

---

1) Hugo Schröder, Ueber die Structur geschliffener und polirter Oberflächen. Beil. z. Tagebl. der 49. Versamml. deutscher Naturforscher in Hamburg, S. 75.

„Wenn indessen die Oberflächen der Körper von kleinen Unebenheiten bedeckt sind, so kann man sich mit Coulomb vorstellen, daß bei der Bewegung in dem einen Sinne jene Unebenheiten nach der einen Seite und bei der Bewegung in dem andern Sinne nach der andern Seite hin gebogen werden. Hieraus kann nun eine von der Geschwindigkeit unabhängige Kraft resultiren, deren Quelle demnach in den Kräften der Elasticität zu suchen ist."

Diese Unabhängigkeit der gleitenden Reibung von der Geschwindigkeit dürfte aber nur bei größeren Geschwindigkeiten vorhanden sein. Nach Versuchen von A. S. Kimball[1]) ist der Reibungs-Coëfficient bei geringen Geschwindigkeiten klein, wächst aber mit zunehmender Geschwindigkeit anfangs rasch, dann langsamer bis zu einem Maximum und nimmt dann bei weiterem Wachsen der Geschwindigkeit wieder ab bis zu einem constanten Endwerthe.

Auch von Jenkin und Ewing sind Versuche zwischen langsam sich bewegenden Flächen angestellt worden,[2]) um das Verhalten des dynamischen und des statischen Reibungs-Coëfficienten bei sehr geringen Geschwindigkeiten zu erforschen. Sie benutzten dabei eine Gußeisenscheibe, die auf einer Stahlachse lief; die feinen Enden der letzteren ruhten in Aushöhlungen des Materiales, dessen Reibung gegen Stahl bestimmt werden sollte. Eine von Sir William Thomson angegebene Vorrichtung gestattete automatisch die Geschwindigkeitsabnahme der rotirenden Scheibe ohne secundäre Reibung zu bestimmen. Es zeigte sich nun die Reibung innerhalb gewisser Grenzen unabhängig von der Geschwindigkeit, doch schien ein allmählicher Uebergang zwischen dem statischen und dem dynamischen Reibungs-Coëfficienten stattzufinden, und Kimball sieht in den Resultaten, welche Jenkin und Ewing für die Reibung zwischen Stahl und Stahl gewonnen haben, eine Bestätigung der von ihm ausgesprochenen Gesetzes.[3])

Ueber die Reibungs-Coëfficienten bei sehr großen Geschwindigkeiten sind auf der London-Brighton und South Coast-Eisenbahn Versuche angestellt worden, über

1) Silliman's Journ. XIII, p. 353.
2) Proceedings of the Roy. Soc. XXVI, p. 93.
3) Silliman's Journ. XV, p. 192.

welche von Douglas Galton auf der vorjährigen Versammlung der Britischen Association Bericht erstattet worden ist.[1]) Es handelte sich dabei um die Reibung einestheils zwischen Bremsbacken und Eisenbahnwagenrädern, anderntheils zwischen den Rädern und den Schienen. Die nöthigen Apparate waren von Westinghouse angegeben und die Versuche wurden unter seiner unmittelbaren Leitung angestellt.

„Die Hebel, welche die Bremsbacken bewegen, waren mit Dynamometern ausgerüstet, um erstens den Druck, mit welchem die Backen gegen das Rad gepreßt werden, und zweitens die Größe der tangentialen Kraft anzuzeigen, die sich zwischen dem Rad und den Backen entwickelt, wenn der letztere gegen das erstere gepreßt wird. Die benutzten Dynamometer waren Anordnungen von Richard's Indicatoren, die durch den Druck des Wassers wirken, das die Pression auf Cylinder überträgt; in den Cylindern bewegen sich Kolben, an denen Schreibstifte angebracht sind, die den Druck auf ein sich abwickelndes Papier aufzeichnen nach Art der Indicatoren bei Dampfmaschinen. Ein nach ähnlichem Princip eingerichtetes Dynamometer war auch an der Zugkette angebracht, um die Kraft zu registriren, die während des Versuches auf das Fortziehen des Wagens verwendet wurde. Die Geschwindigkeit wurde ebenfalls in Diagrammen dargestellt mittels eines Geschwindigkeits-Indicators von Westinghouse, der auch durch hydraulischen Druck wirkt und durch die Umdrehung der Achsen in Thätigkeit gesetzt wird. Der mit dem Apparat ausgestattete Wagen hatte zwei Paar Räder, von denen das eine Paar mit Bremsen versehen wurde, während das andere frei lief. Ein Geschwindigkeits-Indicator wurde an jedem Räderpaar angebracht, so daß sich die Geschwindigkeit des Wagens in jedem Augenblicke erkennen ließ, unabhängig von derjenigen der gebremsten Räder. Zur Controle des Westinghouse'schen Geschwindigkeits-Indicators wurden noch zwei, allerdings nicht automatisch registrirende, Indicatoren von Stroudley am Wagen angebracht. Ferner wurde die Vertheilung des Gewichtes zwischen den beiden Räderpaaren, sowie das Gewicht der Räder und der Achsen ermittelt; und um im Verlauf der Versuche mit Sicherheit das auf den gebremsten Rädern ruhende Gewicht

1) Nature XVIII, p. 471.

zu erkennen, zeigte ein an den Federn des Wagens angebrachtes Dynamometer in jedem Momente das Gewicht an, welches auf den nicht gebremsten Rädern lastete, woraus man das erstere ableiten konnte . . . Die Wirkung der Bremse ist zweifach. So lange die Räder, auf welche die Bremse wirkt, sich mit der dem Vorwärtsgehen des Zuges entsprechenden Geschwindigkeit drehen, besteht die Wirkung der Bremsbacken in einer Verzögerung der Bewegung durch die zwischen Backe und Rad erzeugte Reibung; wenn aber der auf die Backen ausgeübte Druck so groß wird, daß die Reibung die Adhäsion zwischen Rädern und Schienen übersteigt, so hört die Bewegung der Räder auf, die Räder gleiten auf den Schienen, indem sie von den Bremsbacken in ihren festen Stellungen gehalten werden. Die Versuche geben daher den Coëfficienten der Reibung

1) zwischen den Bremsbacken und den Rädern, gleich der Tangentialkraft dividirt durch den angewandten Druck, und

2) zwischen dem Rad und der Schiene, gleich der Reibung der Bremsbacken dividirt durch das auf den Rädern lastende Gewicht."

Die Versuche mit gußeisernen Bremsbacken und Rädern, die mit Stahltyres versehen waren, ergaben nun folgende mittlere Resultate:

Geschwindigkeit		Reibungs-Coëfficient			
engl. Meilen in der Stunde	engl. Fuß in der Sec.	anfangs etwa bis nach 3 Sec.	nach 5—7 Sec.	nach 12—16 Sec.	nach 24—25 Sec.
60	88	0,062	0,054	0,048	0,043
50	73	0,100	0,070	0,056	—
45	65	0,125	—	—	—
40	58	0,134	0,100	0,080	—
30	43	0,184	0,111	0,098	—
20	29	0,205	0,175	0,128	0,070
10	14	0,320	0,209	—	—

Von früheren Experimentatoren fand

Jenkin für Stahl auf trockenem Stahl bei 0,0002 bis 0,0086 Fuß Geschwindigkeit 0,351 im Mittel und 0,365 als Maximum,

Morin für Eisen auf Eisen 0,44,

Rennie bei einem Drucke von 1,6 Hundredweight auf den Quadratzoll für Schmiedeeisen auf Gußeisen 0,275 und für Stahl auf Gußeisen 0,300.

Eine beschränkte Anzahl von Versuchen mit schmiedeeisernen Backen und Stahltyres gab folgende Resultate:

Geschwindigkeit		Reibungs-Coëfficient			
engl. Meilen in der Stunde	engl. Fuß in der Sec.	anfangs etwa bis nach 3 Sec.	nach 5—7 Sec.	nach 12—16 Sec.	nach 24—25 Sec.
48	59	0,110	—	—	—
31	45	0,129	0,11	0,099	—
18	26	0,170	—	—	—

Für das Gleiten der Räder auf den Schienen, Stahltyres auf Stahlschienen, ergaben sich endlich folgende Zahlen:

Geschwindigkeit		Reibungs-Coëfficient			
engl. Meilen in der Stunde	engl. Fuß in der Sec.	anfangs etwa bis nach 3 Sec.	nach 5—7 Sec.	nach 12—16 Sec.	nach 24—25 Sec.
50	73	0,04	—	—	—
45	65	0,051	—	—	—
38	56	0,057	0,044	0,044	—
25	36	0,080	0,074	—	—
15	22	0,087	—	—	—
10	14	0,110	—	—	—

Im Allgemeinen ist aus diesen Zahlen ersichtlich, daß der Reibungs-Coëfficient mit wachsender Geschwindigkeit kleiner wird; wahrscheinlich läßt er sich durch einen Ausdruck von der Form $\frac{a}{b+v}$ darstellen, wo v die Geschwindigkeit ist, während a und b constante Größen sind.

Es zeigt sich ferner, daß bei diesen Geschwindigkeiten der Reibungs-Coëfficient mehr und mehr abnimmt, je länger die Flächen miteinander in Berührung sind, welches Resultat sich indessen nur auf kurze Zeiträume bezieht. „Diese Wirkung erscheint übrigens nicht unnatürlich,

da die Reibung Hitze entwickelt und die daraus folgende Ausdehnung die erhitzte Oberfläche zu einer mehr gleichmäßig zusammenhängenden zu machen sucht, als die kalte war; außerdem ist es wahrscheinlich, daß bei der Reibung kleine Theilchen losgelöst werden, die wie Rollen zwischen den Flächen wirken."

Die Reibung zwischen den gußeisernen Bremsbacken und den Stahltyres erwies sich weit größer als die zwischen den Stahltyres der Räder und den Stahlschienen. Wie bereits erwähnt findet das Gleiten des Rades auf den Schienen statt, wenn die Reibung der Bremsbacken größer ist als die Adhäsion zwischen Rad und Schiene, welche von der auf dem Rade ruhenden Last herrührt. Diese stieg im Allgemeinen bis zu 24—28 Procent des Gewichtes. Galton zieht hieraus weitere Folgerungen bezüglich der Anordnung von Eisenbahnbremsen.

„Um ein gegebenes Resultat bei verschiedenen Geschwindigkeiten zu erzeugen, muß der auf die Bremsbacken ausgeübte Druck in dem Verhältnisse wachsen, welches durch die Reibungs-Coëfficienten gegeben ist. So betrug der Druck, welcher ein Paar Räder zum Gleiten brachte, bei 50 Meilen Geschwindigkeit in der Stunde nahezu 27000 Pfund, während bei 20 Meilen schon ein Druck von 10300 Pfund ausreichend war. Der Zug an der Zugkette zeigte, daß die verzögernde Kraft oder der tangentiale Zug zwischen Bremsblock und Rad sich nahezu nach demselben Gesetz änderte; d. h. um bei 50 Meilen Geschwindigkeit einen Grad von Reibung zu erzeugen, der dieselbe verzögernde Wirkung ausübt, wie ein gegebener Druck bei 20 Meilen Geschwindigkeit, muß der Druck bei 50 Meilen etwa $2^1/_2$ mal so groß sein, und bei höheren Geschwindigkeiten sind noch größere Drücke erforderlich. Während daher ein verhältnißmäßig geringer Druck das Rad bei kleinen Geschwindigkeiten zum Gleiten bringt, war es schwierig, einen genügenden Druck zu erhalten, um diese Wirkung bei 60 Meilen Geschwindigkeit zu erreichen. Eine gute Bremse sollte daher im Stande sein, fast augenblicklich einen hohen Druck auszuüben; dann sollte derselbe allmählich, in dem Maße wie der Zug zur Ruhe kommt, vermindert werden . . . , so daß das Gleiten der Räder auf den Schienen vermieden würde."

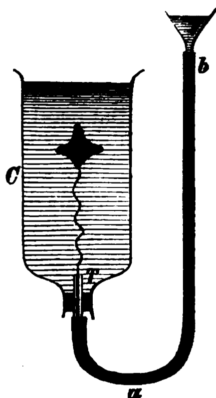
Mechanik tropfflüssiger und gasförmiger Körper.

Diffusionsfiguren in Flüssigkeiten.

Prof. Tito Martini in Venedig hat eine Reihe interessanter Diffusionsfiguren beschrieben,[1]) die man auf folgende Art erhält.

Eine Art cylindrischer Glastrichter C (s. Fig. 9) ist am untern Ende durch einen Kork geschlossen, durch den eine etwa 8 Centimeter lange capillare Thermometerröhre T geht, welche mit einem Kautschukrohr ab verbunden ist, an dessen oberen Ende sich ein kleiner Trichter befindet, den man höher oder tiefer stellen kann. In den letzteren gießt man Alkohol, der beispielsweise mit Anilin roth gefärbt ist; der Alkohol fließt durch das Kautschukrohr in die Capillarröhre und würde aus dieser austreten, wenn man nicht das Kautschukrohr mit einem kleinen Quetschhahn zusammendrückte. Wenn dies geschehen, füllt man das Gefäß C bis zu etwa 3/4 mit Wasser und bringt hierauf mit Hilfe eines Trichters, dessen unteres Ende etwas unter die Mitte des Wassers reicht, eine Flüssigkeit, die dichter als Wasser ist, in den untern Theil des Gefäßes, etwa eine Seesalzlösung oder einen Sirup, bis das Gefäß voll ist. Auch Schwefelsäure kann man anwenden, und in diesem Falle reicht ein geringeres Flüssigkeitsvolumen aus. Die dichtere Flüssigkeit sondert sich nun am Boden ab, und nach Verlauf einer Stunde kann man die Trennungsfläche ganz gut beobachten. Man hebt nun den kleinen Trichter bis zu passender Höhe und entfernt den Quetschhahn von der Röhre ab. Der gefärbte Alkohol tritt dann aus dem Ende der Capillarröhre

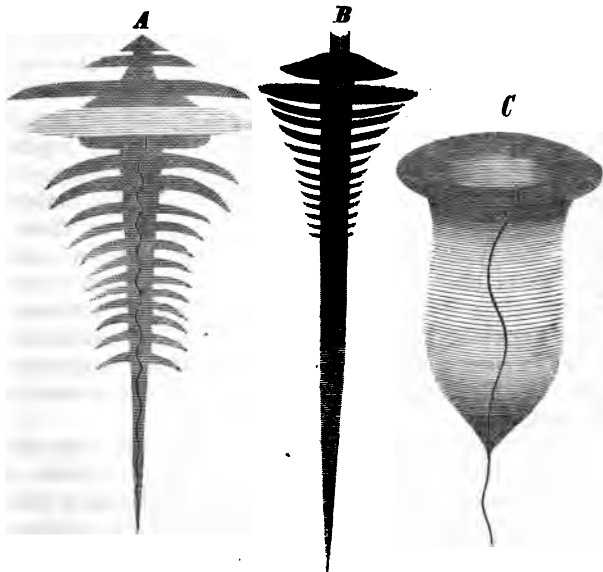
Fig. 9.



1) Nature XVII, p. 87.

aus und steigt in der dichteren Flüssigkeit in einer meist schraubenförmig gewundenen Bahn empor. An der Grenze beider Flüssigkeiten sammelt er sich zuerst in Gestalt einer unförmlichen Masse an, die sich aber bei vollständiger Ruhe des Apparates allmählich verlängert und in ein blumen= oder strauchähnliches Gebilde verwandelt. Nach einer Stunde etwa hat der farbige Alkohol eine solche regelmäßige Figur angenommen, die je nach der Beschaffenheit der Flüssigkeiten verschieden ist und nach etwa

Fig. 10.



3 Stunden das Maximum von Entwickelung erreicht, worauf die Theile allmählich in einander fließen, auch wenn man den Zufluß farbiger Flüssigkeit unterbricht.

Fig. 10 zeigt die strauchförmigen Gebilde, welche man bei Anwendung einer nicht zu concentrirten rothen, grünen, braunen oder violetten alkoholischen Anilinlösung in Zuckerlösung (A), Salzlösung oder gesäuertem Wasser (B) beobachtet.

Bei Anwendung von wässriger Lakumslösung erhält man ein sonnenschirmähnliches Gebilde (C).

Absorption von Gasen in Flüssigkeiten.

Ueber die Verbreitung der Gase in flüssigen und flüssig-festen Körpern hat Sigmund von Wroblewski in Straßburg experimentelle Untersuchungen angestellt.[1]) Wird ein Gas mit der Oberfläche einer Flüssigkeit, die in einem verticalen cylindrischen Gefäße steht und in welcher keine Strömungen in Folge von Temperaturverschiedenheiten entstehen, in Berührung gebracht, so wird jedenfalls zuerst die oberste Schicht sich mit dem Gase sättigen. Die einfachste Annahme, die man über die weitere Verbreitung des Gases machen kann, ist jedenfalls die, daß dieser Vorgang nach dem Biot-Fourier'schen Differenzgesetz von statten geht, daß also das Gas successiv von einer Schicht der Flüssigkeit zur nächst folgenden sich verbreitet und daß die Geschwindigkeit dieser Verbreitung dem Unterschied der Sättigung proportional ist. Die analytische Behandlung des Problemes kann dann ganz in der Weise erfolgen, wie Fourier im IX. Capitel seiner „Théorie analytique de la chaleur" die Fortpflanzung der Wärme in einem nach der einen Seite des Raumes ins Unendliche verlängerten Stabe untersucht hat. Es zeigt sich, daß das Gasvolumen, welches in einer gewissen Zeit von der Flüssigkeit aufgenommen wird, der Quadratwurzel aus der Zeit direct proportional sein muß.

Bei den Versuchen zeigte es sich nun, daß Kohlensäure in reinem Wasser sich nicht nach diesem Gesetze, sondern weit schneller verbreitet und daß die absorbirten Gasmengen beinahe der Zeit direct proportional sind. Sobald aber ein indifferenter Körper, z. B. ein Krystalloid, im Wasser gelöst wurde, änderte sich das Verhalten des Wassers, und in einer Flüssigkeit von 60 Volumen reinen Wassers und 40 Vol. concentrirter Chlorcalciumlösung fing die Kohlensäure an, sich streng nach dem Biot-Fourier'schen Gesetze zu verbreiten. Ebenso schreitet in einer Lösung von 26,98 Grm. Zucker in 100 Cub.-Centim. Wasser die Kohlensäure nach dem Biot-Fourier'schen Gesetze fort.

1) Annalen der Phys. u. Chemie. Neue Folge. Bd. 2, S. 481 und Bd. 4, S. 268; Bd. 4, S. 268.

Um den Grund des abweichenden Verhaltens des reinen Wassers zu finden, wurde die Dichtigkeit der Flüssigkeit vor und nach der Sättigung mit Kohlensäure mittels einer Jolly'schen Federwage bestimmt. Dabei stellte sich nun heraus, daß das reine Wasser bei den Temperaturen von 9—12° und mittlerem Straßburger Barometerstande durch Sättigung mit Kohlensäure um durchschnittlich 0,02 Procent dichter wurde, während bei einer Chlorcalciumlösung, für welche das Biot-Fourier'sche Gesetz noch nicht galt, die Zunahme der Dichte nur ungefähr halb soviel betrug, bei stark concentrirten Lösungen aber nicht mehr zu erkennen war. Es steht diese Abnahme der Dichtigkeitsänderung durch Sättigung bei steigender Concentration der Lösung in Einklang mit der längst bekannten Thatsache, daß mit der Concentration der Lösung ihre Absorptionsfähigkeit abnimmt. Das Verhalten des reinen Wassers findet nun seine Erklärung darin, daß mit Kohlensäure gesättigte dichtere Wassertheilchen zu Boden sinken, wodurch der Diffusionsvorgang vollständig verdeckt wird. In concentrirteren Lösungen dagegen ist wegen der verminderten Dichtigkeitsänderung der Anlaß zum Niedersinken geringer, wozu noch kommt, daß mit der Concentration auch die dem Niedersinken der Theilchen hinderliche Viscosität oder Zähigkeit der Flüssigkeit wächst.

Auch in Glycerin und in concentrirteren Lösungen von Glycerin in Wasser verbreitete sich die Kohlensäure nach dem Biot-Fourier'schen Gesetze. Ebenso in Rapsöl, das wiederholt zu Oelbädern benutzt und in Folge davon verdickt worden war. In frischem Rapsöl und in Olivenöl war das Gesetz nur in den ersten Stadien des Versuches erkennbar.

Wird ein Colloid, z. B. Gelatine oder Tischlerleim, in hinreichender Menge in Wasser aufgelöst, so verbreitet sich die Kohlensäure in der Flüssigkeit genau nach dem Biot-Fourier'schen Gesetze. Dasselbe findet auch statt, wenn das Colloid in so reicher Menge vorhanden ist, daß der flüssig-feste Zustand eintritt. Bei älteren Versuchen über die Diffusion von Gasen durch Kautschukmembranen[1]) hat sich außerdem herausgestellt, daß der Durchgang des Wasserstoffgases durch solche Membranen demselben Gesetze folgt; indem nämlich die Differenz der Drucke

1) Poggend. Ann. Bd. 158, S. 545.

auf beiden Seiten constant erhalten wurde, ergab sich die Geschwindigkeit des Durchganges proportional dieser Differenz.

Wroblewski glaubt sich auf Grund dieser Versuche zum Ausspruch des Satzes berechtigt:

Wird ein Gas absorbirt, so verbreitet sich dasselbe in dem absorbirenden Körper, mag derselbe flüssig oder fest sein oder sich in einem Uebergangszustande befinden, nach demselben Gesetze, nach welchem sich die Wärme in einem festen Stabe fortpflanzt, und zwar ohne Rücksicht darauf, ob der absorbirende Körper flüssig oder fest ist, oder in einem der Uebergangszustände sich befindet, welche zwischen diesen beiden Extremen hergestellt werden können.

Ueber die Volumenvermehrung der Flüssigkeiten in Folge der Absorption von Gasen liegen bisjetzt, namentlich wenn es sich um die Absorption geringer Quantitäten handelt, nur wenige ältere Angaben vor. Bergmann giebt (Opuscula Chemica et Physica, I, p. 9) das specifische Gewicht des mit Kohlensäure gesättigten Wassers bei 2° gleich 1,0015 und die Volumvermehrung gleich 0,0022 an; P. Thomson (Treatise on Chemistry) findet das Gewicht von 1 Volumen Wasser, gesättigt mit Ammoniak, gleich 1,666, mit Salzsäure 1,500, mit schwefliger Säure 1,040, mit Chlor 1,002; endlich existirt eine Arbeit von Deicke über diesen Gegenstand (Poggend. Ann. Bd. 119, S. 156).

Neue Untersuchungen hierüber sind nun im physikalischen Laboratorium der Universität Berlin von J. J. Mackenzie und E. L. Nichols nach einer einfachen und empfindlichen Methode ausgeführt worden.[1] Die Bestimmungen beziehen sich auf Kohlensäure und Wasser, und es wurde bei ihnen die Vermehrung des Volumens direct gefunden. Als Endresultat ergab sich die Ausdehnung direct proportional den absorbirten Gasmengen. Eine Vergleichung mit den von Andrews für die Dichtigkeit der flüssigen Kohlensäure gegebenen Zahlen zeigt übrigens, „daß das Volumen, welches die Kohlensäure als Flüssigkeit annehmen würde, mit der gefundenen Ausdehnung approximativ übereinstimmt.“

1) Ann. der Physik u. Chemie. N. F. Bd. 2, S. 134.



Mit den Versuchen war auch eine Bestimmung des mit Kohlensäure gesättigten Wassers durch die Wärme verbunden. Die durch graphische Darstellung der Resultate gewonnene Curve „hat im ganzen ziemlich denselben Lauf, wie die Ausdehnungscurve für reines Wasser, nur daß der merkwürdige Umstand dabei statt hat, daß das Dichtigkeitsmaximum nicht wie das des reinen Wassers bei 4°, sondern unterhalb 3° erreicht wird, wie dies für Salzlösungen der Fall ist."

Reibung zwischen Wasser und Luft.

Ueber die Reibung zwischen Wasser und Luft hatte man bisher nur wenige und dabei widersprechende Angaben: während J. B. Venturi[1]) behauptet, daß die durch einen Wasserstrahl in Bewegung gesetzte Luft leichte Körper bewege, stellt G. Magnus[2]) dies in Abrede, da er findet, daß eine Flamme, welche einem verticalen Wasserstrahle genähert wird, keine Bewegung der benachbarten Luft verräth. Neuere Versuche des Wiener Professors Victor von Lang[3]) beweisen aber, „daß in der That zwischen Wasser und Luft starke Reibung stattfindet, so starke, daß sie sich kaum von völliger Adhäsion unterscheidet."

Lang bezweifelt, daß Venturi wirklich die reine Reibung zwischen Wasser und Luft gekannt habe, da derselbe Nichts über die Constitution seiner Wasserstrahlen angiebt. Erst viel später nämlich hat Savart die zwei Theile eines verticalen Wasserstrahls, den continuirlichen und den in Tropfen aufgelösten, unterscheiden gelehrt, und nur an dem ersteren läßt sich die Reibung mit der Luft nachweisen, während die Bewegung, in welche die umliegende Luft durch den discontinuirlichen Strahl versetzt wird, auf andere Ursachen zurückzuführen ist.

Zur Herstellung eines verticalen continuirlichen Wasserstrahles bediente sich Lang eines 0,54 Cent. weiten und 8 Cent. langen, unten unregelmäßig gezackten gläsernen Ausflußrohres, das er durch einen etwa ein Meter langen, schräg aufsteigenden und an Fäden aufgehängten Kautschuckschlauch mit einem Hahne

1) Recherches expérimentales sur le principe de communication latérale dans les fluides. Paris. 1797. Gilberts Ann. II. 1799.
2) Poggend. Ann. Bd. 80 (1850).
3) Ann. der Physik u. Chemie. N. F. Bd. 3, S. 219.

der Wiener Wasserleitung verband. Es konnten auf diese Weise und durch passende Regulirung des Wasseraustritts continuirliche Wasserstrahlen von mehr als ein Meter Länge erhalten werden, und wenn ein solcher Strahl die Oberfläche des Wassers in einem darunter stehenden Gefäße erreichte, „so war von der Bewegung des Wassers nichts zu hören, und der Strahl glich vollkommen einem Glasstabe." Eine sehr solide Aufstellung des Ausflußapparates ist dazu nothwendig, da die leiseste Erschütterung den Strahl in Tropfen auflöst. Auch die Benutzung der Wasserleitung an benachbarten Orten wirkte störend, weshalb in die Leitung ein Manometer eingeschaltet wurde, welches den Wiedereintritt des normalen Druckes von beiläufig vier Atmosphären erkennen ließ.

Um nun die Reibung des Wasserstrahles gegen die Luft nachzuweisen, wurde an das verticale Ausflußrohr der eine, 36 Centim. lange Arm eines rechtwinkligen aus Glasröhren gebildeten Kreuzes luftdicht angesetzt. In den entgegengesetzten Arm wurde eine gläserne Saugröhre eingesetzt, die den untern Theil des Strahles umgab. Dieser Arm, so wie die beiden horizontalen, hatte nur 7 Centim. Länge; der äußere Radius betrug bei allen 4 Armen 1,1 Centim. An dem einen horizontalen Arme war ein offenes Manometer, an dem anderen mittels eines kurzen Kautschukrohres ein unten offenes, verticales Maßrohr aus Glas angebracht. Taucht man dieses Ende in eine Seifenlösung, so bleibt beim langsamen Wegziehen eine Seifenlamelle haften, und wenn nun der Wasserstrahl in Folge der Reibung Luft in das Rohr saugt, so folgt diese Lamelle der Luftbewegung. Zur Messung des aufgesaugten Luftvolumens wurde eine Papierscala in dem Maßrohr angebracht.

Noch auf eine andere Art läßt sich die Bewegung der Luft durch den Wasserstrahl studiren, indem man das gläserne Maßrohr durch ein metallenes ersetzt und in dessen Oeffnung die Flamme einer mit Terpentinöl gefüllten Lampe hält. Der Rauch der Flamme verräth durch seine Bewegung die der Luft, da wo scheinbar alles in Ruhe ist; er „steigt an den Wänden des Kreuzstückes empor und bewegt sich abwärts in der Nähe des Strahles. Dazwischen ist natürlich eine Zone ohne verticale Bewegung, aber in dieser Zone findet eine sehr heftige

Rotation um eine horizontale Achse statt. Dies sieht man an größeren Rußstücken, die zufällig in diese Zone gelangen.

„Was die Bewegung der Luft in der Saugröhre betrifft, so ist der Rauch nicht dicht genug, um darin gesehen zu werden, wenn die Röhre sehr eng ist; man sieht aber, daß der Rauch beim Verlassen des Rohres den Strahl noch einige Zeit einhüllt. Dies zeigt, daß die Lufttheilchen sehr regelmäßig durch das Rohr in parallelen Linien fließen. Das zuletzt beschriebene Phänomen findet nicht mehr statt, wenn der Radius der Saugröhre größer wird. In diesem Falle kann man auch den Rauch sehen und dadurch bemerken, daß die Bewegung der Luft sehr unregelmäßig ist, obwohl auch in diesem Falle eine aufsteigende Bewegung nicht entdeckt werden konnte.“

Bemerkt mag noch werden, daß Lang mittels eines Kathetometers den Halbmesser des Wasserstrahles in verschiedenen Entfernungen z vor der Ausflußöffnung gemessen und für denselben die Formel

$$r = 0{,}09246 + 0{,}002709\,W + (0{,}42748 + 0{,}025918\,W)\,\frac{1}{\sqrt{z}}$$

gefunden hat, wobei r und z in Centimetern gegeben sind und W die in der Secunde ausströmende Wassermenge in Grammen bedeutet.

Luftpumpe.

Erfindung des Tellers der Luftpumpe. Gewöhnlich wird angegeben, daß Papin zuerst den flaschenförmigen Recipienten, dessen sich Otto von Guericke und Robert Boyle bei ihren Luftpumpen bedienten, durch den bequemeren Teller ersetzt habe. Papin beschreibt nämlich in den Actis Eruditorum von 1687 eine Luftpumpe mit Teller, und nach Fischer's und Muncke's Angabe soll auch Papin's Erstlingswerk „Nouvelles Expériences du Vuide,“ das 1674 in Paris erschien, für dessen Autorschaft sprechen. Diese Schrift war schon 1686 selten und nach Angaben der Verfasser der neuesten Biographie Papins,[1]) L. de Saussaye und A. Péan, existiren gegenwärtig nur noch zwei Exemplare davon: im Besitz der Royal Society und in der Bibliothek des British Museum in London.

1) La vie et les ouvrages de Denis Papin. Paris et Blois 1869. Die „Nouvelles Expériences“ sind darin abgedruckt.

Fischer und Muncke haben dieselbe deshalb wohl nicht einsehen können; dies geht auch aus dem ersten Kapitel derselben hervor, wie E. Gerland in Cassel näher nachgewiesen.[1] Hier erklärt nämlich Papin ausdrücklich, daß die Luftpumpe, deren Beschreibung und Abbildung er giebt, mehrfach von Huyghens verbessert worden ist. Die Abbildung, welche Gerland reproducirt, zeigt nun einen Teller, und daß Huyghens der Erfinder des Tellers ist, geht mit Bestimmtheit aus einen Briefe desselben (Hugenii Opera varia, Vol. II, p. 769) hervor, aus dem sich auch noch ergiebt, daß er diese Verbesserung im Jahre 1661 anbrachte.

Eine sogenannte hydrodynamische Luftpumpe ist von Prof. von Feilitzsch in Greifswald construirt worden.[2] Die Luftpumpenglocke communicirt bei ihr mit einem Rohre, durch welches Quecksilber mit großer Geschwindigkeit gepreßt wird, und zwar so, daß es durch eine enge Oeffnung eintritt, dagegen durch eine weite ausfließt.

Das Quecksilber wird durch ein Paar Pumpen von 15 Millimeter Kolbendurchmesser und 200 Millim. Hubhöhe aus einem eisernen Reservoir aufgesogen und beim Rückgange der Stempel einem Windkessel und von diesem dem erwähnten Rohre zugeführt, deren Mündung sich wieder unter der Quecksilberoberfläche im Reservoir befindet, so daß das Quecksilber während der Thätigkeit der Pumpen sich in beständigem Kreislaufe befindet. Die Verengerung der Einflußöffnung des Ansatzrohres erfolgt durch eine Röhre, welche zu dem Luftpumpenteller führt, der sich in einer größeren als der Barometerhöhe oberhalb des Quecksilberniveaus im Reservoir befindet. In dem besonders wichtigen gußeisernen Ansatzstücke, welches sich auf der hohen Kante des aus entsprechend durchbohrten Gußstahlplatten zusammengesetzten, 175 Millim. langen und 125 Millim. breiten Fußgestelles der Pumpen befindet, ist ein Hohlraum ss eingearbeitet, in welchen der Ausflußcanal des Fußgestelles, sowie eine conische Röhre Ao und eine cylindrische Röhre Lc münden. Der innere Durchmesser der 29,5 Millim. langen Röhre Ao

1) Ann. der Physik u. Chemie. N. F. Bd. 2, S. 665.

2) Beibl. zu den Ann. der Phys. u. Chemie, II, S. 449, Auszug aus den „Mittheil. des naturw. Ver. von Neuvorpommern u. Rügen," März 1876 S. 1, und Nov. 1877 S. 1.

beträgt bei A 3,2 Millim. und bei o 4,95 Millim. Die Röhre Lc ist bei c auf eine längere Strecke bis auf einen äußern Durchmesser von 4,02 Millimeter cylindrisch abgedreht und in diesem Theile bis auf die geringste Wanddicke ausgebohrt; gegen L hin besitzt sie dagegen sowohl außen als innen einen größeren Durchmesser. Der dünnere Theil der letzteren Röhre kann nun soweit in die erstere eingeschoben und dann festgestellt werden, daß der Zwischenraum zwischen c und dem Theil o der conischen Röhre nur den vierten Theil des Querschnittes bei A beträgt. Durch diesen engen ringförmigen Zwischenraum muß dann das aus dem Windkessel in den Hohlraum ss fließende Quecksilber gehen. Wird dasselbe mit einem Drucke von 15 Atmosphären hindurchgepreßt, so entsteht hier Luftleere, es wird also Luft aus der mit der Luftglocke communicirenden Röhre Lc zuströmen, die vom Quecksilber mit fortgerissen wird und mit demselben bei A in das große Reservoir, beziehentlich die freie Luft, austritt. Wird dann das Spiel der Pumpen unterbrochen, so steigt das Quecksilber in Folge des äußern Luftdruckes in der Verbindungsröhre gegen die Luftpumpenglocke empor, um sich innerhalb der Röhre der Barometerhöhe asymptotisch anzunähern. Bei dem erwähnten Drucke beträgt die Menge des in der Secunde durch die ringförmige Oeffnung zwischen o und c fließenden Quecksilbers 30066 Cubik-Millim., beide Pumpenstiefel führen dieser Oeffnung bei jeder Umdrehung 76686 Cubik-Millim. zu; es würde also nur eine Umdrehung der Welle auf 2,35 Secunden kommen.

Die Evacuirung kann bis zu 1 Millim. Quecksilberhöhe getrieben werden. Als besondere Vortheile werden genannt das Fehlen eines schädlichen Raumes und die Entbehrlichkeit von Hähnen und Ventilen in den Theilen, in welchen die Luftbewegung stattfindet.

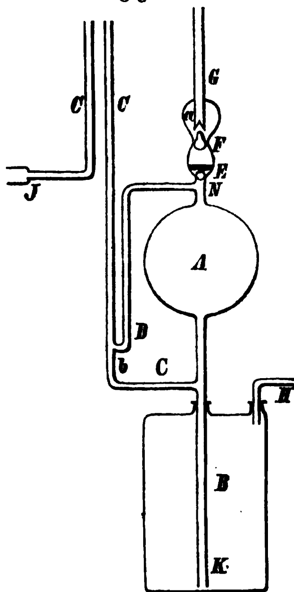
Eine Modification der Quecksilberluftpumpe, bei welcher, ähnlich wie bei einer von Jolly 1875 angegebenen Construction, der große Hahn der Geißler'schen Quecksilberluftpumpe durch ein Ventil ersetzt ist und der Abschluß von dem zu evacuirenden Apparate durch das aufsteigende Quecksilber bewirkt wird, hat Fr. Neesen in Berlin beschrieben.[1])

---

1) Ann. der Physik u. Chemie. N. F. Bd. 3, S. 608.

In der Skizze Fig. 11 ist B eine gewöhnliche Glasflasche mit 2 Tubulis. In die eine Oeffnung wird mit Kautschukstöpsel eine Glasröhre H eingesetzt, die mit einer gewöhnlichen Luftpumpe in Verbindung steht, durch die andere geht das Glasrohr K fast bis auf den Boden. An diese Röhre ist die Glaskugel A angeschmolzen, die etwas weniger Volumen besitzt als die Flasche B. An diese Kugel stößt das Glasrohr N, welches sich bei E und F erst etwas verengt und dann erweitert. Bei E und F sind ein Paar Glasventile angebracht, d. h. einfache Glaskugeln, welche in die Verengerungen der Röhre N passen; doch dürfen sie nicht dicht schließen, sondern müssen bei einigem Ueberdruck von oben Quecksilber durchlassen, das untere mehr als das obere. Um das Ventil bei F festzuhalten, ist in die Erweiterung über F ein Glasrohr G eingesetzt mit einer Oeffnung bei a, welches die Verbindung des Innern von N mit der äußern Luft herstellt. Unterhalb der Kugel A ist an K das Rohr C angesetzt, das umgebogen ist, nicht ganz ein Meter aufwärts und dann wieder abwärts geht, zuletzt in das Schliffstück J endigend, an welches der auszupumpende Apparat direct oder zunächst das Trockengefäß angesetzt wird. Zwischen dem oberen Theile von N und dem Rohre C ist noch eine Verbindung hergestellt durch die Röhre D, welche da, wo sie an C angeschmolzen ist, bei b, einen kleinern Querschnitt hat als anderwärts.

Fig. 11.



Die Wirkungsweise des Apparates ist nun folgende: Um das in B befindliche Quecksilber zum Steigen zu bringen, wird durch H mit einer gewöhnlichen Luftpumpe Luft in B gepreßt; das aufsteigende Quecksilber schließt nun erst C ab, füllt A,

schließt dann D ab und geht durch die Ventile E und F, die Luft durch G austreibend; die Verbindung des auszupumpenden Gefäßes mit der Kugel A ist jetzt unterbrochen. Nun zieht man durch H Luft aus B, das Quecksilber fällt, die Ventile E und F schließen sich, es strömt Luft aus dem zu evacuirenden Gefäße nach A. Darauf wird wieder Luft in B gepreßt, das Quecksilber gehoben ꝛc. Der Grund, weshalb das Ventil E weniger dicht schließt als F ist der, daß etwas Quecksilber durch E sickern soll, wenn A luftleer wird; es entsteht dann, weil F besser schließt, über E ein luftverdünnter Raum, in den nachher die letzten Luftblasen aus A um so leichter aufsteigen.

Der Apparat wird vom Glasbläser Müller in Berlin, Leipziger Str. 22, hergestellt.

Die Zusammendrückbarkeit der Gase.

Druck und Volumen eines Gases sind einander umgekehrt proportional, so lautet das einfache Gesetz, welches man in Deutschland mit dem Namen des Mariotte'schen zu bezeichnen pflegt, weil der französische Physiker Mariotte es an die Spitze seines Essai „De la nature de l'air" gestellt hat, der 1679 erschien; dasselbe ist aber in Wahrheit von Robert Boyle entdeckt und schon 1662 in der Schrift „A defence of the doctrine touching the spring and weight of the air" ausgesprochen worden. Obwohl nun dieses Gesetz einestheils durch die kinetische Gastheorie auf eine einfache Weise erklärt wird, wie schon Daniel Bernoulli in seiner 1738 erschienenen „Hydrodynamica" gezeigt hat, so gilt es doch andererseits für kein Gas in voller Strenge, wie schon Boyle wußte, und eine große Anzahl neuerer Physiker haben sich damit beschäftigt, die Abweichungen von diesem Gesetze an den verschiedenen Gasen zu studiren.

Die genaue Giltigkeit des Gesetzes bei sehr hohem Drucke erscheint schon theoretisch unmöglich,[1]) denn bei unendlich hohem Drucke müßte das Volumen Null werden, wir müßten uns also die Atome oder Molekeln des Gases völlig volumenlos vorstellen. Bei mittleren oder niederen Temperaturen wird nun

1) Vergl. Mendelejeff in Silliman's Journ. Vol. 13, p. 58; Nature XV, p. 455, 498; Annales de Chimie et de Physique, Octobre 1876, p. 111.

allerdings ein Gas bei Vermehrung des Druckes schließlich in eine Flüssigkeit übergeführt, und auch die bisher sogenannten permanenten Gase sind den Versuchen von Pictet und Cailletet zufolge nicht davon ausgenommen (s. den vorigen Jahrg. dieses Jahrb. S. 299). Es ist aber durch Versuche von Cagniard-Latour, die später durch Wolf, Drion, Andrews und Mendelejeff verificirt und weiter geführt worden sind, erwiesen, daß es für ein jedes Gas einen bestimmten Temperaturgrad giebt, oberhalb dessen es durch keinen noch so starken Druck mehr in eine Flüssigkeit verdichtet werden kann. Mendelejeff hat diesen Temperaturgrad schon 1860 (Liebig's Ann. Bd. 119, S. 11) als „absoluten Siedepunkt" bezeichnet, während Andrews 1872 den Namen „kritischer Punkt" dafür vorschlug. „Denken wir uns eine Gasmasse von einer Temperatur, die höher ist, als der absolute Siedepunkt, und setzen voraus, daß diese Masse einem immer wachsenden Drucke ausgesetzt werde; wenn dann das Boyle-Mariotte'sche Gesetz genau ist, so muß das Volumen im umgekehrten Verhältnisse des Druckes abnehmen. Wenn wir aber dieselbe Gasmasse bei einer Temperatur erhalten, die ein wenig unterhalb des absoluten Siedepunktes liegt, so wird das Gas, welches nunmehr in eine Flüssigkeit übergeht, nicht mehr in dem Maße zusammengedrückt werden, wie es das Boyle-Mariotte'sche Gesetz erfordert. Wir kommen demnach zweifellos zu dem paradoxen Schlusse: Ein Gas kann stärker verdichtet werden als eine Flüssigkeit oder ein fester Körper." Da für Sauerstoff die gewöhnliche Temperatur oberhalb des kritischen Punktes liegt, so müßte dieses Gas unter einem Drucke von 2000 Atmosphären eine größere Dichte als Schwefelsäure haben, und bei 10000 Atmosphären würde sein specifisches Gewicht dem des Quecksilbers gleich kommen. „Nun ist aber eine große Dichte die besondere Eigenschaft von Verbindungen, deren Elemente ein bedeutendes Atomgewicht haben. Folglich kann man nicht zugeben, daß Elemente, welche ein so geringes Atomgewicht haben wie Sauerstoff, in irgend einem Aggregatzustande in einem bedeutenden Grade verdichtet werden können. Wir müssen daher a priori den Schluß ziehen, daß bei hohen Drücken das Boyle-Mariotte'sche Gesetz nicht anwendbar ist."

Es zeigen nun auch die Versuche, welche Rumford im

vorigen Jahrhunderte mit den Verbrennungsgasen des Schieß-pulvers anstellte, sowie die von Natterer seit 1850 mit Sauerstoff, Kohlenoxydgas, Wasserstoff und atmosphärischer Luft durchgeführten, daß bei hohen Drücken diese Gase, ähnlich wie feste Körper und tropfbare Flüssigkeiten, eine positive Zusammendrückbarkeit haben, d. h. daß das Product von Volumen und Druck, statt dem Gesetz zufolge constant zu bleiben, mit wachsendem Drucke zunimmt.

Depretz, Regnault und andere dagegen wiesen an Gasen, wie Kohlensäure und schwefliger Säure, die sich durch Druck zu Flüssigkeiten comprimiren lassen, eine negative Zusammendrückbarkeit nach, d. h. bei ihnen nimmt mit wachsendem Drucke der Werth des Productes aus Druck und Volumen ab.

Eine negative Zusammendrückbarkeit hat Regnault auch bei atmosphärischer Luft, Stickstoff und Kohlenoxydgas nachgewiesen für Drücke zwischen einer und dreißig Atmosphären. Wenn daher die Resultate von Regnault und Natterer beide richtig sind, so muß bei der atmosphärischen Luft bei einem Drucke über 30 Atmosphären die negative Zusammendrückbarkeit durch Null in die positive übergehen. Wenn der Werth Null eintritt, dann gilt das Mariotte'sche Gesetz in aller Strenge.

Die kinetische Gastheorie, welche jetzt allgemein als richtig angenommen wird, leitet das Boyle=Mariotte'sche Gesetz aus der lebendigen Kraft ab, welche den einzelnen, mit großer Geschwindigkeit in geradlinigen Bahnen sich bewegenden Molekeln (vergl. S. 135 des vor. Jahrg.) inne wohnt. Wird das Gas auf die Hälfte, auf ein Drittel ꝛc. seines ursprünglichen Volumens reducirt, so wird eine gegebene Wandfläche des Raumes, welcher das Gas einschließt, in einer gegebenen Zeit von doppelt, oder dreimal soviel Molekeln u. s. w. getroffen, als ursprünglich. Da nun der Druck des Gases in der Gesammtwirkung der Stöße besteht, die von den Molekeln auf eine gegebene Fläche ausgeübt werden, so ist das Gesetz damit bewiesen. Hierbei ist vorausgesetzt, daß die einzelnen Gasmolekeln keinerlei Anziehung auf einander üben; das Mariotte-Boyle'sche Gesetz würde daher einen Grenzfall darstellen, dem sich jedes Gas in dem Maße mehr nähert, wie die Entfernung seiner Molekeln größer wird und die lebendige Kraft und Geschwindigkeit derselben zunimmt. „Diese Vorstellung findet

keine Stütze in den Thatsachen. Wenn sie richtig wäre, so müßten bei einer gewissen Temperatur die Gase, insbesondere diejenigen, deren Dichte nicht groß ist und deren Molekeln eine große Geschwindigkeit besitzen, sich genau nach dem Boyle-Mariotte'schen Gesetze richten; das ist aber undenkbar und würde zu dem oben erwähnten Paradoxon führen. Außerdem haben Regnault's Untersuchungen über den Wasserstoff, das leichteste Gas, das gerade Gegentheil gezeigt: Wasserstoff ist nämlich positiv zusammendrückbar unter einem Druck der nur wenig über eine Atmosphäre beträgt.

Erwägungen solcher Art veranlaßten den russischen Physiker Mendelejeff in St. Petersburg eine neue umfangreiche Versuchsreihe zu unternehmen, um mit möglichster Genauigkeit die thatsächlichen Verhältnisse festzustellen. In einem zweibändigen Werke, „Ueber die Elasticität der Gase", das 1875 und 1877 in russischer Sprache erschien, hat er ausführlich über diese Versuche berichtet, während er an den citirten Orten kürzere Mittheilungen veröffentlicht hat.

Er begann seine Arbeit mit Drücken unter einer Atmosphäre und schritt dann fort zu noch höheren, als von Regnault angewandt worden. Für die letzteren benutzte er ein aus abwechselnden Säulen von Quecksilber und Wasser zusammengesetztes Manometer, welches die Messung außerordentlich hoher Drücke mittels einer großen Anzahl sehr kleiner Quecksilbersäulen ermöglichte.

Die ersten Versuche mit sehr niedrigen Drücken wurden in den Jahren 1872 und 1873 mit einem sehr einfachen Apparate angestellt. Ein Gefäß A endet oben und unten in eine Röhre. Die obere Röhre communicirt mit einem Baro-Manometer oder Syphon-Barometer, dessen Quecksilbersäule den Druck der eingeschlossenen Luft mißt. Durch zweckmäßige Aenderung der Quantität des Quecksilbers kann man das Luftquantum in dem Baro-Manometer leicht constant machen. Die untere Röhre an A dient zur Einführung und Entfernung des zur Absperrung des Gases nöthigen Quecksilbers. Man braucht den Stand des Quecksilbers im Gefäße nicht direct zu beobachten, sondern indem man das ganze Gefäß mit Quecksilber füllt, dasselbe auslaufen läßt und sein Gewicht bestimmt, findet man die Capacität des ganzen Behälters; läßt man dann einen

Theil des Quecksilbers ausfließen und wägt ihn, so erhält man das Volumen des an seiner Stelle in den Behälter eingetretenen Gases. Dieses Volumen muß möglichst groß genommen und das Gewicht des Quecksilbers mindestens bis auf 1/30000 des Gesammtgewichts bestimmt werden. Bei den Versuchen entsprach das geringste Volumen einem Gewicht von etwa 1000 Gramm Quecksilber. An diesem Volumen sind noch Correctionen anzubringen wegen des Quecksilber-Meniscus im Manometer, wegen der Zusammendrückbarkeit des Behälters bei ungleichem Druck innen und außen und wegen der Temperatur.

Die ersten Versuche ergaben nun für Drücke unter einer Atmosphäre eine positive Zusammendrückbarkeit der atmosphärischen Luft, nicht eine negative, wie Regnault sie zwischen einer und 30 Atmosphären gefunden hatte; und zwar wuchsen die Abweichungen vom Boyle-Mariotte'schen Gesetze um so rascher je kleiner der Druck war.

Mißtrauen in dieses Resultat veranlaßten Mendelejeff, einen zweiten und dann einen dritten Apparat zu construiren, indem er nicht nur die Dimensionen, sondern auch die Details der einzelnen Theile änderte, und 1874 stellte er noch einen vierten Apparat her, mit welchem er in Verbindung mit dem leider inzwischen verstorbenen Michael Kirpitschoff nach vielfach verbesserten Methoden zahlreiche Beobachtungen anstellte.

Das Gesammtresultat wurde aber durch diese neuen Versuche nicht geändert.

Während dieser Arbeiten vielfach mit der Herstellung von Barometern beschäftigt, fand Mendelejeff eine neue Construction, deren Wesen in der Anwendung einer capillaren Röhre besteht, welche vom Ende der barometrischen Kammer aus abwärts geht. „Mittels dieser Röhre ist es möglich, die letzten Spuren von Gas auszutreiben, die im Vacuum übrig bleiben, und so das Experiment vorzuführen, ein absolutes Vacuum zu erhalten, d. h. ein Barometer von solcher Beschaffenheit zu construiren, daß bei Verminderung des Volumens der Kammer die Angabe sich nicht ändert. Die Construction zweier Barometer mit gemeinsamer Kammer und einer einzigen absteigenden Capillarröhre bietet ein leichtes Mittel dar, um mit der größten Schärfe die schwächsten Spannungen in der barometrischen Kammer zu bestimmen. Man braucht nur das Fern-

rohr des Kathetometers nach dem Gipfel der Quecksilbersäule in dem einen Barometer zu richten, wenn das Quecksilber in dem andern seinen höchsten Stand hat und das Vacuum sehr klein ist; hierauf schüttet man das Quecksilber in dem andern Barometer aus und vermindert so den Druck, welcher auf das Vacuum wirkt, indem man seine Capacität vermehrt. Die geringste noch im Vacuum enthaltene Gasmenge wird dann eine Vermehrung der beobachteten Barometerhöhe geben. Indem man das Barometer mit der größten Sorgfalt ausführt und nach Weinhold's Verfahren mit Quecksilber füllt, ist es möglich, . . . ein vollkommenes Barometer zu erhalten, das keiner Correctur wegen der im Vacuum zurückgebliebenen Luft bedarf."

Obwohl bei den Versuchen nur Röhren von mehr als 17 und oft sogar über 20 Millim. Durchmesser zu den Barometern und Baromanometern benutzt wurden, so wurden doch Messungen der Depression des Quecksilbers, wie sie verschiedenen Durchmessern und verschiedenen Höhen des Quecksilbermeniscus entspricht, vorgenommen, um die oben angegebene, auf diesen Meniscus bezügliche Correction des Gasvolumens ausführen zu können. Eine ausführliche Reihe solcher Messungen hat Fräul. Goutkowska durchgeführt. Beispielsweise ergaben sich bei 8,606 Millim. Durchmesser und einer Höhe des Meniscus von

	0,6	0,8	1,0	1,2	1,4 Millim.
die Depressionen	0,162	0,235	0,312	0,380	0,458 „ ,

welche kleiner sind, als der gewöhnlichen Annahme entspricht (für 8,606 Millim. Durchmesser und 1,0 Millim. Höhe 0,460 Mill. Depression).

Die Verschiedenheit der Drücke muß möglichst groß genommen werden, z. B. 600, 200, 60 und 20 Millim., und man darf die Höhe der Quecksilbersäule nicht durch directe kathetometrische Ablesungen ermitteln, welche immer mit beträchtlichen Fehlern behaftet sind, sondern durch Vergleichung mit einem sorgfältig geprüften Maßstabe. Zu dem Zwecke stellt Mendelejeff neben die zu messende Höhe ein Normalmeter, bestehend in einer mit Wasser gefüllten Röhre, deren Temperatur leicht bestimmt und nöthigenfalls geändert werden kann. Die Fernröhre der Kathetometer sind mit Ocularmikrometern versehen, die außer dem centralen Fadenkreuze noch einen be-

weglichen Faden oder ein Paar solche haben. Der in der optischen und geometrischen Achse des Fernrohres befindliche Kreuzungspunkt der festen Fäden des Fernrohres, das eine bis zu 1 bis 2 Secunden empfindliche Libelle trägt, wird auf einem Punkte des Objectes eingestellt, dessen Höhe bestimmt werden soll; dann werden die beiden an demselben Kathetometer, oder besser an zwei kleinen Kathetometern angebrachten Fernröhre auf das seitlich angebrachte Metermaß gerichtet, wobei der bewegliche Faden dazu dient, den Abstand des festen Fadens vom nächsten Theilstriche des Maßstabes zu bestimmen. Der letztere ist so gestellt, daß man ihn und das Object gleichzeitig deutlich sehen kann ohne die Stellung des Augenglases zu verändern. Da jede Aenderung in der Stellung des Augenglases eine Verrückung des optischen Mittelpunktes herbeiführen kann, so ist bei den Kathetometern-Fernröhren Mendelejeffs der Abstand des Augenglases vom Objectiv unveränderlich. Durch Anwendung starker Vergrößerung und guter Beleuchtung der Scala war es möglich, noch Tausendstel eines Millimeters mit Sicherheit zu erkennen, während bei den gewöhnlichen Kathetometern die Genauigkeit nicht $^{1}/_{25}$ Millim. übersteigt.

Die Versuche von Mendelejeff und Kirpitschoff haben nun bewiesen, daß nicht nur die atmosphärische Luft, sondern auch Wasserstoff und selbst Kohlensäure, wenn sie sehr niedrigen Drücken ausgesetzt werden, positive Abweichungen vom Mariotte'schen Gesetz zeigen, und zwar um so größere, je weiter der Druck sich von dem normalen entfernt. Spätere Versuche, welche Mendelejeff in Verbindung mit Homilian anstellte, haben dies bestätigt.

Die wesentlichsten Resultate, welche von beiden im Bezug auf Wasserstoff, Luft, Kohlensäure und schweflige Säure zwischen 650 und 20 Millimeter Druck erhalten wurden, sind folgende:

1) Geht man von einem gewissen geringen Drucke über zu einem noch kleineren, so findet man bei allen Gasen positive Abweichungen, die Geschwindigkeit der Aenderung des Productes aus Druck p und Volumen v (d. h. die Aenderung von pv dividirt durch die Zunahme von p) ist positiv; die Gase werden hier weniger stark comprimirt, als das Gesetz es verlangt.

Aehnliche Abweichungen wurden auch von Regnault beim Wasserstoff zwischen einer und 30 Atmosphären und von Natterer bei allen Gasen zwischen 100 und 3000 Atmosphären beobachtet.

2) Bei niedrigem Drucke wird der numerische Werth der Geschwindigkeit der erwähnten Aenderung für alle Gase um so kleiner, je geringer der Anfangsdruck ist. Für Wasserstoff ist sie z. B. bei 400 Millimeter Druck + 0,000002, dagegen bei 120 Millim. + 0,000010.

3) Bei Kohlensäure und schwefliger Säure ist in der Nähe von einer Atmosphäre Druck die Geschwindigkeit von pv negativ. Z. B. für Kohlensäure hat man für $p_0 = 635$ und $p_1 = 200$ Millim. $p_0v_0 = 10{,}000$ und $p_1v_1 = 10{,}029$. Unter niedrigerem Drucke aber werden auch bei diesen Gasen die Geschwindigkeiten positiv. So hat man bei Kohlensäure für $p_0 = 190$, $p_1 = 64$, $p_2 = 22$ die Producte $p_0v_0 = 10{,}000$, $p_1v_1 = 9{,}996$ und $p_2v_2 = 9{,}983$; bei schwefliger Säure: $p_0 = 190$, $p_1 = 60$, $p_2 = 22$, $p_0v_0 = 10{,}000$, $p_1v_1 = 10{,}010$, $p_2v_2 = 9{,}996$.

4) Das Auftreten positiver und negativer Abweichungen, die bei demselben Gase, je nach der Größe des Druckes, mit demselben Apparate gefunden wurden, sowie die Uebereinstimmung der verschiedenen Beobachtungsreihen bürgen dafür, daß die gewonnenen Resultate nicht von constanten Fehlern der Beobachtungsmethode herrühren, sondern wesentliche Eigenschaften der untersuchten Gase darstellen.

5) Da die Abweichungen vom Mariotte'schen Gesetze bei sehr niedrigem Drucke nur sehr klein sind, so müssen die Bestimmungen des Druckes, des Volumens und der Temperatur (von absoluten Nullpunkte — 273° gerechnet) bis auf $^2/_{1000}$ ihres Werthes zuverlässig sein. Hat man z. B. $p_0 = 0{,}200$ Meter, $p_1 = 0{,}100$ Meter, $v_0 = 2{,}500$ Gramm und $v_1 = 5000$ Gr. Quecksilber (Temperatur $t = 20°$ C.), so muß p bis 0,01 Millim., v bis 0,1 Gramm und t bis auf 0°, 01 genau sein. Wenn die Genauigkeit geringer ist, so werden die Ergebnisse zweifelhaft, und auf diese Ursache glaubt Mendelejeff die abweichenden Resultate zurückführen zu dürfen, welche früher Silljeström [1]) und Amagat [2]) gewonnen haben.

1) Poggend. Ann. Bd. 151, S. 451.
2) Comptes rendus 1876 avril 17.

Für die atmosphärische Luft wären die Zahlwerthe, welche sich bei niedrigen Drücken ergaben, weniger in Uebereinstimmung, als bei anderen Gasen; man konnte dies einer Reaction des Sauerstoffs der Luft gegen das Quecksilber zuschreiben.

Im Jahre 1874 führte Mendelejeff eine Reihe von Versuchen mit Luft unter einem Drucke von 650 bis 2,000 Millim. durch, und gegen Ende 1875 und Anfang 1877 wurden diese Versuche von ihm in Verein mit Bogußki für Drücke von 700 bis 3,000 Millim. mit Luft, Wasserstoff und Kohlensäure wiederholt. Die Regnault'schen Angaben erwiesen sich dabei als richtig: Luft und Kohlensäure zeigten bei diesen Drücken negative Abweichungen, Wasserstoff positive.

Wasserstoff zeigt überhaupt für jeden Druck, von Null anfangend, positive Abweichungen; er folgt nirgends genau dem Boyle'schen Gesetze: bei jeder Vermehrung des Druckes ergiebt sich das Volumen größer, als es nach dem Gesetze sein sollte. Dabei erinnert Mendelejeff noch an folgenden Umstand. Wenn eine Condensation der Gase an den Gefäßwandungen stattfindet, wie viele Physiker annehmen, so muß dieselbe negative Abweichungen bewirken. Positive Abweichungen, die sich aus den Beobachtungen ergeben, sind daher zuverlässiger begründet, als negative.

Atmosphärische Luft zeigt bei einem Drucke von weniger als 600 Millim. ebenfalls positive Abweichungen; übersteigt der Druck aber eine Atmosphäre, so werden die Abweichungen negativ, bei einem Drucke von mehr als 100 Atmosphären dagegen sind sie wieder positiv. Es muß also zwei Uebergangspunkte geben, den einen in der Nähe von einer Atmosphäre, den andern zwischen 30 und 100 Atmosphären, für welche das Boyle'sche Gesetz in aller Strenge gilt.

Bei der Kohlensäure haben diese beiden Punkte eine andere Lage: sie liegen bei etwa 200 Millim. und bei etwa 70 Meter Quecksilbersäule, wenn man den Beobachtungen von Dr. Andrews, die bei 31° angestellt wurden Glauben schenkt. Für niedere Temperaturen entspricht dieser Punkt wahrscheinlich dem Uebergange des Gases in den tropfbarflüssigen Zustand.

Bei der schwefligen Säure tritt die Aenderung im Zeichen der Abweichungen bei etwa 40 Millim. ein; unter diesem Punkte sind die Abweichungen selbst bei diesem so leicht comprimirbaren

Gase positiv. Es gibt also schwerlich ein Gas, welches unter geringem Drucke genau dem Boyle'schen Gesetze folgt, das „absolute Gas" der Theorie ist nur eine Fiction.

Mendelejeff will indessen durch seine Untersuchungen keineswegs den Glauben an die Giltigkeit des Boyle-Mariotte'schen Gesetzes im Allgemeinen erschüttern. Er erinnert vielmehr daran, daß bei Gasen drei Gesetze in Betracht kommen: das erwähnte, durch die Formel $pv = \text{const.}$ darstellbar; das Gay-Lussac'sche $v_t = v_0 (1 + \alpha t)$ und das von Ampère und Gerland $\frac{av}{m} = \text{const.}$, aus denen für atmosphärische Luft die allgemeine Formel folgt

$$a\,p\,v = 845\,(273 + t)\,m,$$

in welcher a das Atomgewicht (H = 1), p den Druck auf das Quadratmeter in Kilogr., v das Volumen in Cubikmetern, m das Gewicht in Kilogr. und t die Temperatur in Graden Celsius bedeutet. Auf der rechten Seite sind aber wahrscheinlich noch Glieder hinzuzufügen, welche von p und a abhängen, für mittlere Werthe von p unmerklich werden, für sehr große oder sehr kleine p aber sich geltend machen. Die genauere Prüfung dieses Gedankens macht indessen neue Untersuchungen nöthig.

Bemerkt werden mag noch, daß Mendelejeff auch die thermischen Ausdehnungs-Coefficienten der Gase untersucht und in Verbindung mit Kajander für atmosphärische Luft statt des gewöhnlich angenommenen Magnus-Regnault'schen Werthes 0,003665 den etwas größeren 0,003683 gefunden hat.

Auch der französische Akademiker L. Cailletet, der schon vor einer Reihe von Jahren Versuche über die Zusammendrückbarkeit der Gase unter sehr hohem Drucke angestellt hat (s. dieses Jahrb. IX, S. 52), hat, weil er damals die Drucke nur sehr unzuverlässig mit Manometern, wie sie für industrielle Zwecke angefertigt werden, bestimmen konnte, seit etwa 2 Jahren eine neue Reihe von Versuchen über diesen Gegenstand angestellt und kürzlich die ersten Mittheilungen über diese Arbeit veröffentlicht.[1])

Das Manometer, dessen er sich diesmal bediente und

---

1) Comptes rendus LXXXVIII, 13 janvier 1879, p. 61.

welches bei allen Drücken sehr befriedigende Resultate lieferte, besteht aus einem Rohre von weichem Stahl von 3 Millim. innerem Durchmesser und ungefähr 250 Meter Länge, das sich in eine schraubenförmige auf einem Holzcylinder von 2 Meter Durchmesser eingearbeitete Nuth aufrollen läßt. Der Cylinder läßt sich mittels einer Kurbel um seine verticale Achse drehen, und je nach der Drehungsrichtung sinkt das Rohr in einen Schacht hinab oder wird aufgewickelt. Am untern Ende dieses Rohres befindet sich das Arbeitsrohr von 1,5 Meter Länge und 22 Millim. Weite, in welches das Piëzometer eingeschlossen ist, welches das Gas enthält, mit dem experimentirt wird.

Um keinen zu starken Zug auf das feine Rohr auszuüben, wird die Arbeitsröhre an einem gehärteten, sorgfältig von 5 zu 5 Meter graduirten Stahldraht aufgehängt, der auf eine Welle aufgewickelt ist, die durch eine zweite Kurbel bewegt wird.

Bei den Versuchen wurde der in der Abteufung begriffene artesische Brunnen von la Butte aux Cailles benutzt, der 560 Meter Tiefe und oben 1,6 Meter Durchmesser besitzt. Da zur Zeit der Versuche die Schicht des Quellwassers noch nicht erreicht war, so war der Brunnen mit stagnirendem Wasser gefüllt, dessen Temperatur von 5 zu 5 Meter gemessen wurde. Zur Bestimmung der Temperatur des Gases dienten außerdem zwei Maximumthermometer, welche Zehntelgrade angaben.

Bevor das Quecksilber in den Apparat gefüllt wird, muß man es mit einer Quecksilberpumpe von aller Luft befreien. Dann wird das Piëzometer in die Arbeitsröhre eingeschlossen, und nun läßt man das Ganze bis einige Meter oberhalb der Tiefe, in welcher experimentirt werden soll, hinab; hier bleibt der Apparat einige Zeit, bis er die Temperatur des umgebenden Wassers angenommen hat, und nun erst läßt man ihn behutsam bis in die gewünschte Tiefe hinab, sorgsam alle Erschütterungen vermeidend. Die Größe des entwickelten Druckes wird gemessen durch die Länge des abgewickelten Drahtes, wozu noch die Höhe des Quecksilbers im obern Gefäße kommt. Nachdem diese Messungen und die Bestimmung der Lufttemperatur vorgenommen sind, wird der Apparat emporgezogen, und nach Oeffnung der Arbeitsröhre wird das Volumen des Gases bei dem entwickelten hohen Drucke abgelesen. Dies wird dadurch

ermöglicht, daß die Innenwand der calibrirten Piëzometerröhre vergoldet ist; soweit wie nun das Quecksilber in diese Röhre eindringt und dadurch das Volumen im Piëzometer vermindert, soweit wird das Gold aufgelöst. Da das Volumen sich mit wachsendem Drucke rasch ändert, so war es nöthig, mit großen Volumen zu operiren, und Cailletet benutzte bei seinen Versuchen drei Piëzometer von so großem Fassungsraume, daß einer Vermehrung des Druckes um 5 Meter Quecksilbersäule eine Differenz von mindestens 20 Theilstrichen auf der Piëzometerröhre entsprach. Nach jeder Versuchsreihe überzeugte sich Cailletet, daß das Gasvolumen unverändert geblieben.

Zuerst wurde mit Stickstoff experimentirt, der aus trockner und kohlensäurefreier atmosphärischer Luft dargestellt wurde, die man über reducirtes Kupfer streichen ließ. Dieselbe wurde dann mit der Quecksilberpumpe in das vorher auf 100° erwärmte Piëzometer eingefüllt.

Professor Bonnefoy hat aus den Versuchsresultaten die nachstehenden Zahlwerthe berechnet, wobei folgende Umstände besonders berücksicht wurden:

1) die Temperatur der Quecksilbersäule in dem Metallrohre, gemessen durch die in Entfernungen von je 5 Meter angestellten Thermometermessungen;

2) die Elasticität des zur Aufhängung dienenden Fadens;

3) die Temperatur und der Druck der äußeren Luft;

4) die Temperatnr des Gases, die übrigens für Drücke zwischen 1 bis 181,985 Meter Quecksilbersäule nur zwischen + 15° und 17,2 variirte.

Folgendes sind die berechneten Werthe:

Stickstoff bei + 15°.

Druck p	Volumen v	pv	Temperatur des Gases
39m 359	207, 93	8184	+ 15°0
44, 264	184, 20	8153	15,1
49, 271	162, 82	8022	15,1
49, 566	161, 85	8022	14,9
59, 462	132, 86	7900	15,0
64, 366	123, 53	7951	15,0
69, 367	115, 50	8011	15,0
74, 330	108, 86	8091	15,1
79, 234	103, 00	8162	15,1

Stickstoff bei + 15°.

Druck p	Volumen v	pv	Temperatur des Gases
84, 388	97, 97	8267	15,2
89, 231	93, 28	8323	15,2
99, 188	86, 06	8536	15,4
109, 199	77, 70	8484	15,6
114, 119	76, 69	8751	15,7
124, 122	71, 36	8857	16,0
144, 241	62, 16	8966	16,3
149, 205	59, 70	8907	16,5
154, 224	58, 18	8973	16,6
164, 145	54, 97	9023	16,8
174, 100	52, 79	9191	17,0
181, 985	51, 27	9330	17,2

Man sieht hieraus, das das Product pv anfangs abnimmt, daß es sich also mit wachsendem p mit negativer Geschwindigkeit ändert, nach Mendelejeffs Ausdrucksweise. Bei etwa 70 Meter Quecksilbersäule ändert sich aber das Verhältniß, das Product pv wächst nun. Es ist das ein Verhalten, wie es nach dem über die atmosphärische Luft bekannten zu erwarten war.

Endlich sei noch erwähnt, daß auch Prof. A. Winkelmann in Hohenheim, veranlaßt durch Arbeiten über die Wärmeleitung der Gase, die Abweichungen einiger Gase vom Boyle'schen Gesetze bei 0° und 100° experimentell untersucht hat. Da von dem Bericht über diese Arbeit bis jetzt nur der erste Theil veröffentlicht ist,[1]) so soll im nächsten Jahrgange dieses Jahrb. näheres über dieselbe mitgetheilt werden. Diesmal mag es bei der Angabe der Resultate, welche für Aethylengas erhalten wurden, sein Bewenden haben.

Für Aethylen bei 0° findet zwischen dem Drucke p (in Meter Quecksilber) und dem Volumen v die Gleichung statt

$$\frac{v_0 \cdot 0{,}76}{vp} = 1 + 0{,}008235\,(p - 0{,}76) - 0{,}0006118\,(p - 0{,}76)^2;$$

bei 100° aber nimmt die Formel die Gestalt an

$$\frac{v_0 \cdot 0{,}76}{vp} = 1 + 0{,}004862\,(p - 0{,}76) - 0{,}001490\,(p - 0{,}76)^2.$$

In beiden Formeln bedeutet v_0 das Volumen, welches dem Drucke von 760 Millim. Quecksilber entspricht.

1) Ann. der Physik u. Chemie. N. F. Bd. 4, S. 92.

Wirkungen des Luftdruckes auf lebende Wesen.[1])

Seit ungefähr einem Jahrzehnt mit dem Studium der Wirkungen, welche eine Verminderung oder Vermehrung des Luftdruckes auf die Oekonomie des menschlichen Lebens ausübt, beschäftigt, hat der französische Gelehrte Paul Bert kürzlich ein interessantes Werk veröffentlicht, in welchem er die Ergebnisse seiner Untersuchungen mittheilt. Die wichtigsten von diesen Ergebnissen sind folgende:

Die Verminderung des Luftdruckes wirkt auf lebende Wesen hauptsächlich durch die Verminderung der Spannung des Sauerstoffes in der eingeathmeten Luft und in dem Blute, welches ihre Gewebe belebt; das Sauerstoffgas ist nicht mehr im Stande, den Verbrennungsproceß in dem gewöhnlichen Grade zu unterhalten, und sie werden dadurch der Gefahr der Asphyxie ausgesetzt. Lange Zeit hatte man geglaubt, daß die Zufälle, denen Bergsteiger und Luftschiffer in größeren Höhen ausgesetzt sind, Uebelkeiten, Müdigkeit, Ausströmen von Blut aus Nase und Ohren, eine einfache Folge der Verminderung des mechanischen Druckes der äußern Atmosphäre seien, der auf der Oberfläche des Körpers lastet.

Die Vermehrung der barometrischen Druckes wirkt nur durch Vermehrung der Spannung des Sauerstoffs in der Luft und im Blute. Bis zu drei Atmosphären giebt die Steigerung der Spannung Anlaß zu etwas lebhafteren intra-organischen Oxydationen; über fünf Atmosphären hinaus nehmen die Oxydationen an Intensität ab, ändern wahrscheinlich ihre Natur, und bei hinlänglicher Steigerung des Druckes werden sie gänzlich zum Stillstand gebracht. Es folgt daraus, daß alle lebende Wesen, mögen sie sich in der Luft oder im Wasser aufhalten, Thiere wie Pflanzen, complexe oder einzellige, daß alle anatomischen Elemente, mögen sie isolirt sein, wie Blutkügelchen 2c. oder zu Geweben gruppirt, in hinlänglich comprimirter Luft mehr oder wenig rasch sterben. Nur für die Reproductionskörperchen einiger mikroskopischer Wesen scheint eine Ausnahme zu bestehen. Bei den höheren Thieren gehen tonische und klo-

1) La Pression Barométrique: Recherches de Physiologie expérimentale. Par Paul Bert, Professeur à la Faculté des Sciences de Paris. Paris 1878.

nische Convulsionen von äußerster Heftigkeit dem Tode voraus. Bei den Wirbelthieren äußern sich die Zufälle erst von dem Momente an, wenn das Hämaglobin mit Sauerstoff gesättigt ist und dieses Gas nun im Zustande einfacher Auflösung in Contact mit den Geweben tritt.

Um die übeln Folgen des verminderten Luftdruckes zu verhindern, schlägt Bert das Einathmen einer hinlänglich sauerstoffreichen Luft vor, so daß das eingeathmete Sauerstoffquantum seinen normalen Werth beibehält. Ebenso begegnet man den schädlichen Wirkungen vermehrten Druckes durch Einathmung einer sauerstoffarmen Luft. Die Wirksamkeit dieses Mittels hat Bert an sich selbst erprobt. Zu dem Zwecke schloß er sich in einen Cylinder ein, in welchem der Luftdruck durch eine Luftpumpe beliebig vermehrt oder vermindert werden konnte. Es bedarf keiner weitern Ausführungen über die Bedeutung dieser Resultate für die Luftschifffahrt, wo sie auch bereits vielfach erprobt worden sind, so wie für die Arbeiten in comprimirter Luft, in Taucherglocken, in den Caissons bei der pneumatischen Fundirung von Brücken u. s. w.

Im Allgemeinen wirken die nützlichen oder schädlichen Gase, wie Sauerstoff, Kohlensäure u. s. f., auf die lebenden Wesen nach Maßgabe der Spannung, die sie in der umgebenden Atmosphäre besitzen und die man durch Multiplication des barometrischen Druckes mit dem Procentgehalt der Luft an dem betreffenden Gase erhält; die Aenderung des einen Factors kann durch eine entgegengesetzte Aenderung des anderen wieder ausgeglichen werden.

Wenn Thiere Luftbehälter besitzen, mögen dieselben nun geschlossen sein, wie die Schwimmblase der Akanthopterygier und anderer Fische, oder in Verbindung mit der Luft nur während der Druckverminderung stehen, wie die Luftblase der Cyprinen, die Eingeweide der Luftwirbelthiere 2c. oder sowohl während der Zusammendrückung als während der Ausdehnung in Verbindung mit der Luft sein, aber durch sehr kleine Oeffnungen, wie bei den Lungen der Luftwirbelthiere, so kann die Aenderung des Luftdruckes auch rein mechanische Wirkungen mit sich bringen.

Plötzliches Nachlassen des Druckes hat, abgesehen von einzelnen Fällen, wo eine mechanische Wirkung eintritt, nur den

Erfolg, daß der Stickstoff, der unter dem Einflusse des Druckes im Blute und in den Geweben aufgelöst war, wieder frei wird.

Die lebenden Wesen, welche in wildem Zustande auf der Oberfläche unserer Erde existiren, haben sich im gesunden Zustande der normalen Spannung des Sauerstoffs an ihrem Aufenthaltsorte accomodirt; jede Verminderung oder Vermehrung wirkt im Allgemeinen schädlich.

Der barometrische Druck und der procentische Sauerstoffgehalt der Luft sind auf der Erde nicht immer wie gegenwärtig gewesen. Die Spannung dieses Gases hat offenbar abgenommen und ist ohne Zweifel noch im Abnehmen begriffen. Es ist dies ein Umstand, der, wie es scheint, bei biogenetischen Speculationen noch nicht gehörige Beachtung gefunden hat. Bert ist der Ansicht, daß zuerst mikroskopische Wesen entstanden sind, und daß diese auch in Folge verminderter Spannung des Oxygens zuerst wieder verschwinden werden.

Wenn gewöhnlich gelehrt wird, daß zuerst Pflanzen auf der Erde erscheinen mußten, um die Luft von der großen Menge Kohlensäure zu reinigen, die sie enthielt, so ist das nach Bert ungenau, da in einer Atmosphäre, die so stark mit Kohlensäure gesättigt ist, daß warmblütige Thiere darin Schaden leiden, auch keine Keimung stattfindet. Ebenso sei es irrig, das frühere Auftreten der Reptilien vor den warmblütigen Thieren durch den starken Kohlensäuregehalt der Luft zu erklären, da die Reptilien empfindlicher gegen dieses Gas sind als Vögel, und noch mehr als Säugethiere.

Akustik.

Hilfsmittel zum Studium der Schallschwingungen.

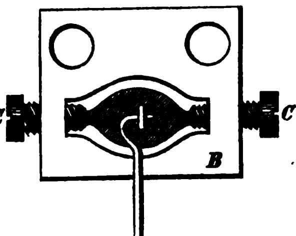
Zur graphischen Darstellung zusammengesetzter Schwingungen bedient man sich verschiedener Methoden: Dr. Rud. König stellt die Wellenlinie, die durch den Zusammenklang zweier Stimmgabeln gebildet wird, dar, indem er die eine dieser Gabeln mit einer berußten Glasplatte, die andere aber mit einem Stifte versieht und beide in solcher Stellung in Schwingungen versetzt, daß der Stift die Curve auf der Glastafel aufzeichnet. Dieses höchst einfache Verfahren eignet sich indessen

nur für die Combination zweier einfachen Töne. Ein anderes Verfahren ist das von Jenkin und Ewing angewandte: diese vergrößerten durch mechanische Hilfsmittel die auf der Zinnfolie eines Phonographen erhaltenen Eindrücke und gewannen so die Curve, welche dem Klange der vibrirenden Membran entsprach (vergl. den vorigen Jahrg. dieses Jahrb. S. 150).

Noch ein anderes Verfahren besteht in der photographischen Abbildung der Schwingungen einer Scheibe, die durch den zu analysirenden Klang erregt werden. Prof. E. W. Blake von der Brown University in Providence, Rhode Island, hat hierzu den nachstehend beschriebenen Apparat angegeben.[1])

Ein kleiner, in Fig. 12 in natürlicher Größe dargestellter, 6 $1/2$ Centigr. schwerer Metallspiegel A ist mit seiner horizontalen Achse in dem Rahmen B befestigt, indem die konischen Enden dieser Achse in entsprechenden Vertiefungen der Schrauben C ruhen. Auf der Rückseite des Spiegels ist eine mit einer Durchbohrung versehene Hervorragung D angebracht. In diese Durchbohrung ist das eine Ende eines knieförmig gebogenen Stiftes gesteckt, dessen anderes Ende sich senkrecht gegen die Mitte der schwingenden Eisenmembran stützt. Diese Membran ist eine kreisförmige Scheibe von $2^3/_4$ Zoll engl. (70 Millim.) Durchmesser, die an der Unterseite eines Mundstückes, wie man es beim Telephon oder Phonograph verwendet, angebracht ist. Der Rahmen des Spiegels und die vibrirende Scheibe sind fest miteinander verbunden durch einen Block harten Holzes, auf welchem beide aufgeschraubt sind, und zwar so, daß die Achse des Spiegels parallel und seine Reflexions-Ebene senkrecht zur Ebene der Membran sind.

Fig. 12.

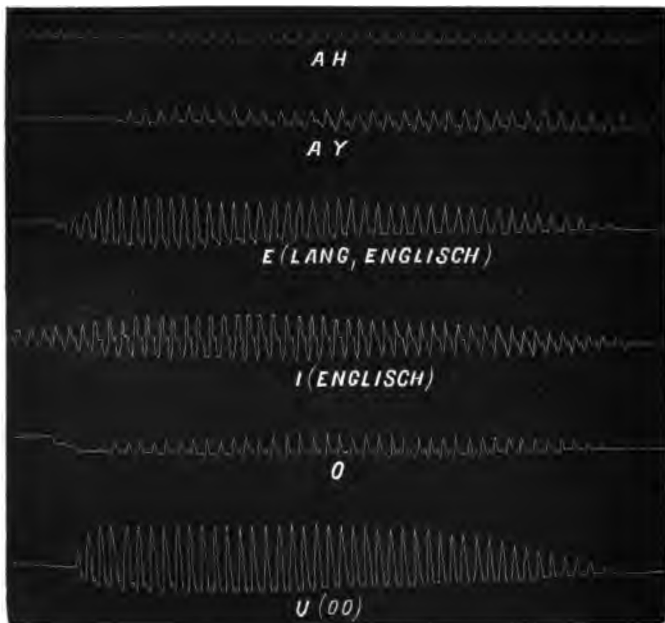


Ein Heliostat sendet nun durch eine enge kreisförmige Oeffnung einen horizontalen Lichtstrahl in einen dunkeln Raum,

1) Silliman's American Journ., July 1878, p. 54; im Auszug (mit Abbild.) in Nature XVIII, p. 338; Ergänzungsbl. zu den Ann. der Phys. und Chemie, II, S. 582.

in welchem sich der Apparat befindet; der Strahl trifft auf den unter 45° gegen den Horizont gestellten Spiegel und wird von ihm vertical abwärts reflectirt, wobei er auf eine Linse trifft, in deren Brennpunkte ein leuchtendes Bild der kreisförmigen Oeffnung entsteht. Dieser Brennpunkt liegt auf einer photographisch empfindlichen Platte und diese ihrerseits auf einem Wagen, der auf vier Rädern in horizontaler Richtung leicht beweglich

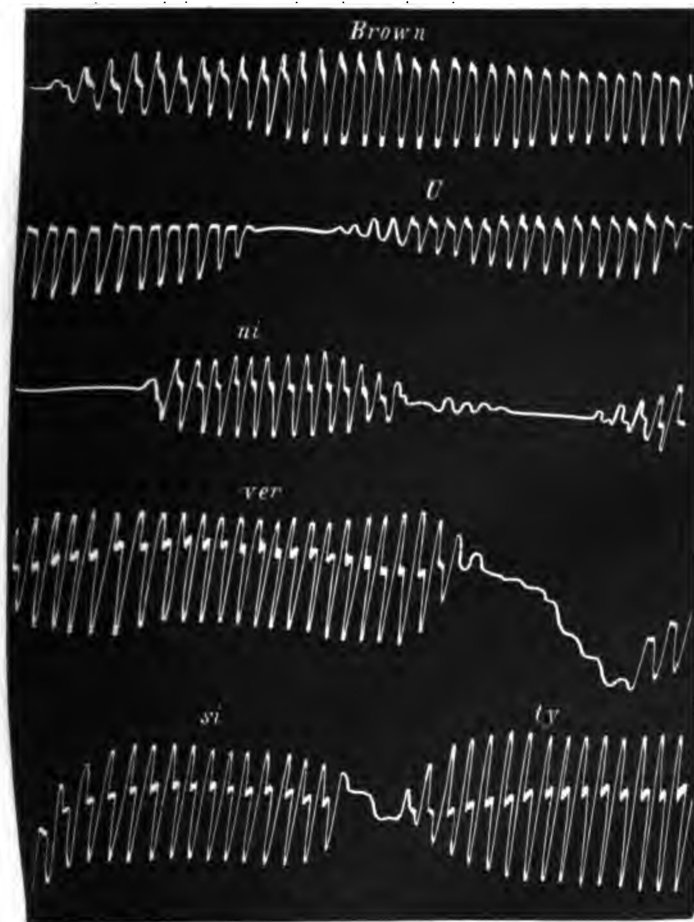
Fig. 13.



ist. Um demselben eine gleichförmige Bewegung zu ertheilen, geht eine Schnur von ihm aus über eine Rolle und an dieser Schnur ist ein Gewicht angehängt, welches gerade ausreicht, die Reibung bei der Bewegung zu überwinden. Ein anfangs aufgelegtes Uebergewicht, welches, ähnlich wie bei der Atwood'schen Fallmaschine, abgehoben wird, ehe der Wagen unter den

erwähnten Lichtpunkt kommt, dient zur Erzeugung einer ge-

Fig. 14.



wissen Geschwindigkeit. Um letztere genau angeben zu können, ist auf dem Wagen noch eine berußte Platte angebracht, die

unter einer schwingenden Stimmgabel (c^2 = 512 Schwing.) hingleitet, an deren Zinke eine die Schwingungen aufzeichnende Drahtspitze angebracht ist. Bei den Versuchen wurden stets über 200 Schwingungen gezählt und gemessen, um sich einer gleichförmigen Bewegung zu versichern.

Aus der Beschreibung erkennt man, daß auf der photographischen Platte eine gerade Linie entsteht, wenn der Wagen allein in Bewegung ist, ohne daß die Platte schwingt. Setzt man aber die Metallplatte in Schwingungen, indem man in das Mundstück hinein spricht, so bewegt sich auch der Spiegel und der reflectirte Lichtstrahl beschreibt einen Winkel, der das doppelte des vom Spiegel beschriebenen ist. Man erhält dann auf der Platte Figuren, deren Charakter aus den beistehenden Figuren 13 und 14 erkennbar ist. Die Anordnung ist dabei so getroffen, daß die Ordinaten das 200 fache der Amplituden der Mitte der schwingenden Membran sind.

Von den beiden Figuren giebt die erste die Vocallaute in englischer Aussprache in etwas mehr als halber Größe der Photographie; die Geschwindigkeit des Wagens war dabei $2\frac{1}{2}$ Zoll = 63,5 Millimeter in der Secunde.

Die andere Figur giebt die Worte Brown university in natürlicher Größe der Photographie; die Geschwindigkeit des Wagens betrug 40 Zoll = 101,6 Centim.

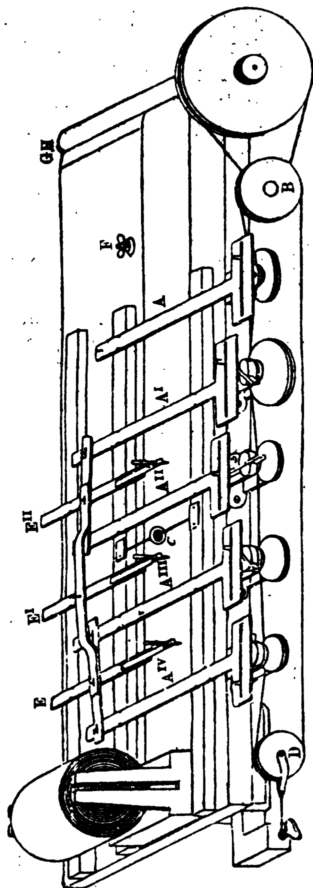
Blake hat später in Verbindung mit Prof. H. A. Newton vom Yale College in Newhaven, Connecticut, eine Maschine construirt, welche derartige Curven zeichnet, und zwar auch solche, die der Zusammensetzung von mehr als zwei einfachen Tönen entsprechen. Dieselbe ist in Fig. 15 dargestellt.[1])

Wir sehen in dieser Abbildung eine Anzahl T-förmiger Stücke aus Messingblech, A, A^I, A^{II}, A^{III}, A^{IV}, welche sich in ihrer Längsrichtung hin und her schieben lassen und ihre Bewegung von Kurbelzapfen empfangen, die in Schlitze eingreifen, welche in den Querstücken sitzen. Jede Kurbel wird durch eine an ihrer Achse sitzende Rolle in Bewegung gesetzt, um welche eine gemeinsame Schnur gewickelt ist. Diese Schnur läuft um die Rollen B und D, mit deren Hilfe sie sich gehörig straff spannen läßt. Mit B an derselben Achse befindet sich

1) American Journ. of Otology, April 1879; Nature XX, p. 101.

noch eine zweite Rolle, welche mittels eines Schnurlaufs die größere Rolle mit der Achse G in Bewegung setzt, welche zum Fortziehen des Papieres dient, auf welches die Maschine zeichnet. Dieses Papier, welches sich von einem am andern Ende der Maschine befindlichen Cylinder abwickelt, wird zwischen der mit Sandpapier überzogenen Welle G und der dicht daran liegenden Welle H durchgezogen; ein kleines Messingrädchen C mit scharfer Kante wird durch die Federkraft seiner Stahlachse gegen die Mitte des Papierstreifens gedrückt und verhütet seitliche Abweichungen desselben. Die Achse der Rolle B ist am Ende eines Holzstückes angebracht, das sich unterhalb des Rahmens hin und her schieben läßt und mittels der Schraube F festgestellt wird, nachdem die beiden Schnuren gehörig straff gespannt worden sind.

Fig. 15.



Die Figur zeigt ferner die Messingstreifen E, E^{I}, E^{II}, die an ihren Enden mit Schreibstiften versehen sind und sich hin und her schieben lassen. Jeder dieser Streifen trägt ferner, ebenso wie die Enden der langen Arme von A, A^{I} ꝛc. einen vorstehenden Stift. Diese Stifte greifen in Schlitze oder auch einfache Durchbohrungen von streifenförmigen Querstücken ein, welche zur Verbindung der Streifen A, A^{I} ꝛc., E, E^{I} ꝛc. dienen.

Wenn nun die Rolle B bewegt wird, so erhalten die Streifen A, A^I ꝛc. eine pendelartig hin und her gehende Bewegung, deren Amplitude dem Radius der Kurbel gleich, deren Periode vom Radius der Rolle abhängig und deren Phase durch die Anfangsstellung der Kurbel bedingt ist. Brächte man an einem der T=Stücke einen Schreibstift an, so würde dieser auf den darunter hingleitenden Papierstreifen eine einfache, wellenförmige harmonische Curve (Sinusoide) zeichnen. Sind nun A^I und A^{II}, wie die Figur es andeutet, durch einen Querstreifen verbunden, der in der Mitte eine einfache Durchbohrung hat, in welcher der Stift des Streifens E^{II} sitzt, so wird der an E^{II} befindliche Schreibstift eine hin und hergehende Bewegung machen, welche das arithmetische Mittel der Bewegungen von A^I und A^{II} ist. Auf gleiche Art sind A^{III} und A^{IV} verbunden und ertheilen dem Schreibstift an E eine Bewegung, die das arithmetische Mittel ihrer eigenen ist. Endlich sieht man noch E und E^{II} durch einen Querstreifen verbunden, in dessen Mitte der Stift von E^I in einer Durchbohrung angebracht ist. Der Schreibstift an E^I macht dann eine Bewegung, welche das arithmetische Mittel der Bewegungen von A^I, A^{II}, A^{III} und A^{IV} ist. Man erhält auf solche Weise von diesem Schreibstifte die Curve, welche aus der Zusammensetzung aller vier harmonischen Bewegungen resultirt, wobei die Perioden, Amplituden und Phasen innerhalb gewisser Grenzen mit Leichtigkeit beliebig geändert werden können, A ist in der Zeichnung als nicht thätig angenommen.

Die Anzahl solcher Schwingungscurven zeigt Fig. 16.

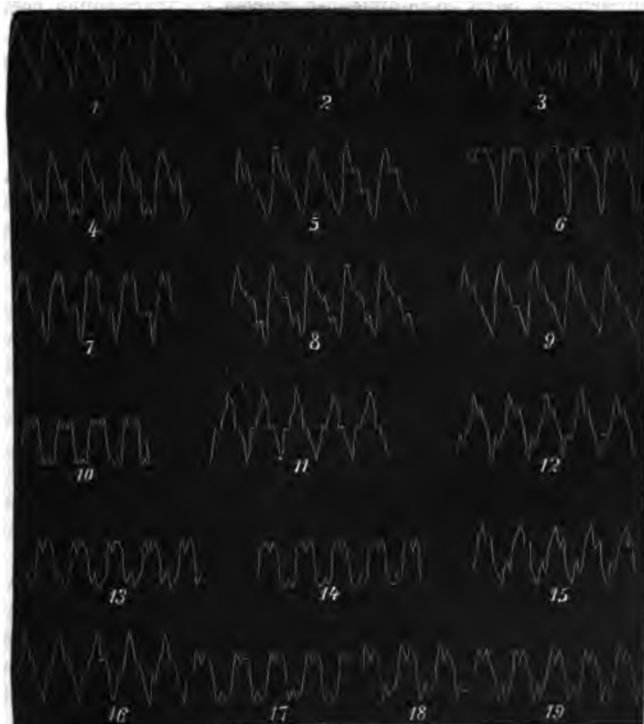
Bei den Curven 1 bis 9 ist das Verhältniß der Schwingungs=Zahlen 1:2:3:4, das Verhältniß der Amplituden 1 : $^1/_2$: $^1/_3$: $^1/_4$; bei 1 sind am Anfange alle 4 Töne in derselben Phase, bei 2 ist der erste Ton, bei 3 der zweite, bei 4 der dritte und bei 5 der vierte um $^1/_4$ Schwingung voraus; bei 6 ist der erste, bei 7 der zweite, bei 8 der dritte, bei 9 der vierte Ton um $^1/_8$ Schwingung voraus.

Die Curven 10 bis 19 zeigen Combinationen von drei einfachen Tönen mit den Schwingungsverhältnissen 1:3:5 und den Amplitudenverhältnissen 1 : $^1/_3$: $^1/_5$; bei 10 sind am Beginn alle drei Töne in der gleichen Phase, bei 11 ist der erste Ton um $^1/_8$ bei 12 um $^1/_4$ und bei 13 um $^3/_8$ Schwingung voraus, bei den Curven 14,15 und 16 ist der zweite Ton um $^1/_8$, $^1/_4$

und 3/8 Schwingung voraus, und bei den Curven 17,18 und und 19 ist der dritte Ton beim Anfange um eben soviel voraus.

Zu den Hilfsmitteln zum Studium der Schallschwingungen

Fig. 16.



gehört auch das Phoneidoskop, dessen wir im vorigen Jahrg. dieses Jahrb., S. 117, gedacht haben. Eine sehr einfache Form desselben hat J. E. H. Gordon angegeben.[1]) Schließt man nämlich Daumen und Zeigefinger einer Hand zu einem Ringe

1) Nature XVIII, p. 383.

zusammen und spannt ein Häutchen von Seifenwasser darüber, so hat man ein Phoneidoskop, welches vor dem Taylor'schen manche Vorzüge besitzt: erstens kann man den Neigungswinkel der Membran leicht für die zweckmäßigste Beleuchtung wählen, zweitens kann man der größern oder geringern Stärke der Töne entsprechend durch Bewegung des Armes die Entfernung vom Munde ändern, und endlich läßt sich durch eine geringe Bewegung der Finger die Spannung des Häutchens größer oder kleiner machen.

Amplitude der Schallwellen.

Da die Intensität eines Schalles von der Amplitude der Schallwellen abhängt, so ist die Messung derselben von großem Interesse. Auf der andern Seite bietet eine solche Messung freilich auch erhebliche Schwierigkeiten und ebenso bedeutend sind die Schwierigkeiten einer zuverlässigen Angabe der Intensität. Lord Rayleigh hat daher versucht [1]) eine obere Grenze für die Amplitude von Wellen zu ermitteln, die einen in gewisser Entfernung noch eben hörbaren Ton geben, und er ist dabei ausgegangen von der Bestimmung der Energie, die zur Erregung dieser Wellen nöthig ist. Eine auf solche Weise vorgenommene Schätzung giebt natürlich einen zu großen Werth, einestheils weil die Schallwellen bei ihrer Fortpflanzung geschwächt werden, anderntheils weil ein Theil der angewandten Energie, und in manchen Fällen ein beträchtlicher Theil, gar nicht die Form von Schallwellen annimmt.

Als Tonquelle wurde eine Pfeife verwendet, die auf einer Wolf'schen Flasche stand, mit der ein Hebermanometer zur Messung des Luftdruckes verbunden war. Beim Anblasen mittels einer Kautschukröhre gelang es bei einiger Uebung leicht einen hinlänglich constanten und andauernden Ton zu erhalten; ein Druck von 9,5 Centim. Wassersäule erwies sich am zweckmäßigsten. Der Ton war in der Mitte eines klaren, stillen Wintertages in 820 Meter Entfernung noch ohne Anstrengung hörbar. Um die verbrauchte Luftmenge zu messen, wurde die zum Anblasen

1) Der Royal Society mitgetheilt am 31. Mai 1877. Vergl. Proceedings of de Roy. Soc. Vol. XXVI, Nr. 181, p. 248; Nature XVI, p. 114.

dienende Kautschukröhre mit dem Innern einer Glasglocke in Verbindung gesetzt, welche in ein weites Gefäß mit Wasser niedergedrückt wurde, so daß der Druck der Luft die angegebene Höhe von 9 1/2 Centim. Wassersäule erlangte. Die in der Glocke eingeschlossene Luftmenge von 5200 Cubikcentim. genügte dann, um den Ton f⁴ (2730 Schwingungen) 26 1/2 Sec. lang zu unterhalten, so daß der Verbrauch in der Sec. 196 Cubikcentim. betrug.

Aus diesen Zahlen berechnet nun Lord Rayleigh unter der Annahme, daß alle Energie in Schallwellen umgewandelt wird, die größte Geschwindigkeit einer Luftmolekel in der Entfernung von 820 Metern zu 0,0014 Centim. in der Secunde, woraus sich dann weiter für die Amplitude der Lufttheilchen der Werth von 0,000000081 Centimetern oder weniger als ein Zehnmilliontel eines Centimeters ergiebt. Lord Rayleigh glaubt übrigens, daß während einer stillen Nacht ein Ton von dieser Höhe noch hörbar sein würde, wenn seine Amplitude auch nur ein Hundertmilliontel-Millimeter beträgt.

Schallerregung.

Mit dem Namen Reibungstöne[1]) bezeichnet Dr. V. Strouhal in Würzburg die Töne, welche durch rasches Schwingen eines Stabes, einer Klinge, einer Peitsche u. dergl. in der Luft entstehen, sowie die, welche sich durch Luftströmungen an ausgespannten Drähten, scharfen Kanten, Spalten u. s. w. bilden. Auf Anregung des Prof. Kohlrausch hat er diese Töne einer genaueren Untersuchung unterworfen, wobei er sich zu ihrer Erzeugung eines einfachen Apparates bediente, bestehend aus einer verticalen, mittels einer Riemenscheibe und eines Schwungrades in rasche Rotation zu versetzenden Holzsäule, an welcher sich ein Paar verschiebbare horizontale Arme befanden, die zur Aufnahme des in der Luft zu bewegenden Körpers dienten. Meist waren dies Drähte, aber auch Glasstäbe und Glasröhren, überhaupt cylindrische Körper.

Zunächst ergab sich, daß bei Vergrößerung der Rotationsgeschwindigkeit, sowohl die Höhe als die Intensität des erzeugten Tones zunimmt, wogegen die Spannung des Drahtes,

1) Ann. der Physik u. Chemie. N. F. Bd. 5, S. 216.

welcher zu dem Versuche benutzt wird, keinen Einfluß auf die Tonhöhe übt. Auch die Länge des Drahtes ist ohne Einfluß auf die Tonhöhe, wohl aber beeinflußt sie die Intensität, die um so stärker wird, je länger der Draht ist. Weiter ergab sich aus den Versuchen die Proportionalität von Tonhöhe und Geschwindigkeit. Ferner zeigte es sich, daß bei Anwendung eines Körpers von kreisförmigem Querschnitte die Tonhöhe dem Durchmesser umgekehrt proportional ist. Durch die Temperaturerhöhung wird der Reibungston tiefer.

Eine interessante Erscheinung, die bei den Versuchen beobachtet wurde, ist die Anregung der Drahttöne durch Reibungstöne. „Wendet man zur Erzeugung der Reibungstöne dünne elastische Drähte an, und läßt man die Umdrehungsgeschwindigkeit langsam und allmählich anwachsen, so bemerkt man, daß von den ebenfalls langsam und allmählich anwachsenden Reibungstönen einige intensiver vor anderen hervortreten. Hält man nun bei solchen mit der Steigerung der Geschwindigkeit an und sucht die eben stattfindende und dem betreffenden Tone entsprechende möglichst gleichmäßig einzuhalten, so schwillt der Ton mehr und mehr an, bis er schließlich in einen klaren und intensiven übergeht, — es ist der durch den Reibungston angeregte, ihn übertönende Drahtton. Läßt man nun die Drehungsgeschwindigkeit wieder allmählich anwachsen, so wird der Drahtton immer schwächer und schwächer, bis er schließlich gänzlich erlischt, während der Reibungston ihm in der Höhe vorausgeeilt ist. Nach und nach wird aber der letztere wieder durch einen Drahtton, — den nächst höheren Oberton des ausgespannten Drahtes — verstärkt, der wiederum wie der frühere hell und intensiv ertönt, wenn man möglichst gleichmäßig diejenige Bewegungsgeschwindigkeit einhält, welche dem Reibungstone von gleicher Tonhöhe entspricht."

Zum guten Gelingen dieses Versuches ist es wünschenswerth, den Draht vorher durch Anhängen von Gewichten frei zu spannen und ihn dann am Apparate zwischen zwei scharfen, am besten metallenen Kanten möglichst genau parallel zur Drehungsachse auszuspannen. Bei Anstellung des Versuches geht man zweckmäßig von einer größeren Drehungsgeschwindigkeit aus, die man allmählich und langsam abnehmen läßt, bis ein Drahtton zum Vorschein kommt. Nach Dr. Strouhal's Angabe kann

man auf diese Weise bei dünneren Drähten mehr als 25 Obertöne erzeugen.

Die Anregung der Drahttöne durch Reibungstöne findet eine Parallele in der Tonerregung bei Pfeifen. „Bei diesen (Zungenpfeifen ausgenommen) strömt die Luft jedesmal gegen eine scharfe Kante, in der Regel aus einer spaltförmigen Oeffnung. Dadurch entsteht ein Reibungston, dessen Höhe unter sonst gleichen Umständen durch die Geschwindigkeit der Luftströmung bestimmt wird und mit dieser continuirlich variirt. Man kann diesen Ton sehr gut isolirt beobachten, wenn man aus einer spaltförmigen Oeffnung die Luft gegen irgend eine scharfe Kante, z. B. eine Messerschneide oder dergl. bläst. Die in der Pfeife über der scharfen Kante befindliche Luftsäule geräth in stehende Schwingungen am leichtesten, also, wie man zu sagen pflegt, die Pfeife spricht am besten an, wenn der Reibungston von einer Höhe ist, die den Dimensionen jener Luftsäule entspricht . . . Ein Unterschied . . . besteht allerdings, indem eine Luftsäule bedeutend leichter eine ihr zutreffende Schwingungsform annimmt als ein Draht.“

Eine erschöpfende Theorie der Reibungstöne zu geben, erklärt sich Dr. Strouhal außer Stande. Es muß aber diese Art der Tonerregung von allen andern wesentlich verschieden sein. „Denn wenn auch die Stärke des Anblasens oder Anschlagens eines musikalischen Instrumentes bekanntlich nicht ohne Einfluß auf die Tonhöhe ist, so sind diese Einwirkungen immer von untergeordnetem Betrage. Hier aber findet . . . ein ungefähr gleichmäßiges Wachsen der Höhe des Reibungstones mit der Bewegungsgeschwindigkeit des denselben erzeugenden festen Körpers statt.“ Es scheint indessen zweifellos, daß die Entstehung derartiger Töne auf Reibung zurückzuführen ist, sowohl auf die äußere, welche zwischen dem in rascher Bewegung begriffenen Körper und der Luft stattfindet, wie auf die innere zwischen den einzelnen Luftschichten selbst.

Dr. Strouhal weist noch darauf hin, daß man diese Töne, durch den Wind in feststehenden Saiten erregt, benutzen kann zur Ermittelung der Geschwindigkeit der Luftbewegung.

Untertöne eines gegebenen Grundtones nennt Dr. Felix Auerbach in Breslau die Töne, deren Schwingungszahl $\frac{1}{2}$, $\frac{1}{3}$, $\frac{1}{4}$ &c. von derjenigen des Grundtones ist. Wie derselbe

in einem auf der vorjährigen Naturforscherversammlung in Cassel gehaltenen Vortrage zeigte, entstehen dieselben, wenn man den Stiel einer in kräftige Schwingungen versetzten Stimmgabel auf einen Resonanzboden aufsetzt. Erfolgt dieses Aufsetzen fest, so hört man den Grundton; hält man aber die Gabel so, daß der Stiel den Resonanzboden nur locker berührt, so kommt die nächst tiefere Octave zum Vorschein, die indessen nach einiger Zeit, wenn die Schwingungen der Gabel an Größe abnehmen, in den Grundton überspringt. In ähnlicher Weise gelingt es auch die tiefern Untertöne durch Resonanz zu erhalten. Aus dem angegebenen Versuche geht übrigens hervor, daß die Erzeugung dieser Töne wesentlich mit der Amplitude der Schwingungen zusammenhängt. Zur Erklärung der Erscheinung nimmt Auerbach an, daß die resonirende Fläche vermöge ihrer unvollständigen Elasticität zwar der abwärts gerichteten Bewegung, welche der Stiel der Stimmgabel bei einer Längsschwingung macht, Folge leistet, nicht aber der rückgängigen; es bildet sich so ein Zwischenraum, welcher erst beim nächsten Niedergange des Stieles verschwindet. Wenn die Verzögerung nur klein ist, so hat die Platte im Momente des nächsten Zusammenstoßes mit dem Gabelstiele nahezu eine Schwingung vollendet. Wenn aber die Verzögerung beträchtlich ist, so entstehen aus der Combination der Schwingungen des Stieles und des Rosananzbodens Untertöne. Das Ende des Stieles ist in diesem Falle nicht mehr bedingungslos frei, sondern seine Freiheit ist eine periodische Function der Zeit. Es ist a priori leicht erkennbar, daß die Untertöne eine Folge der innern Reibung sind; die Versuche weisen aber die bemerkenswerthe Thatsache nach, daß gerade harmonische Untertöne entstehen. Es ist dies eine Folge des Umstandes, daß die Resonanz die Wirkung einer periodischen Kraft und insofern ein discontinuirliches Phänomen ist; sonst müßten die Untertöne eine continuirliche Reihe bilden.[1])

In einer am 15. März vor. J. in der Royal Institution in London gehaltenen Vorlesung hat sich Lord Rayleigh mit der Erklärung einiger akustischer Erscheinungen beschäftigt.[2]) Er

1) Auszugsweise in Nature XIX, p. 183.
2) Nature XVIII, p. 319; Auszug in den Beibl. zu den Ann. der Physik u. Chemie, III, S. 63.

erwähnt zuerst, daß die Tonschwingungen rücksichtlich ihrer Erzeugungsart in zwei Classen zerfallen: die einen sind freie Schwingungen, die durch einmaligen Impuls erregt werden und daher nur kurze Dauer haben, wie beim Pianoforte; die anderen, wie die der Orgelpfeifen, der Streichinstrumente ꝛc., werden längere Zeit hindurch unterhalten, indem der schwingende Körper mit einer Quelle von Energie verbunden ist, welche die durch Reibung und die Erzeugung von Luftwellen entstandenen Verluste immer wieder ersetzt. Während die Theorie der Schwingungen der ersten Art ziemlich vollständig ist, leidet die der letzteren noch an vielen Unsicherheiten und Lücken.

Wenn ein schwingender Körper mit einer beständigen Quelle von Energie in Verbindung steht, so können die Schwingungen in doppelter Weise beeinflußt worden: es kann die Schwingungsdauer, also die Tonhöhe geändert, oder es können je nach der Richtung der Kraft die Schwingungen unterstützt oder gehemmt werden. Läßt man z. B. eine schwache horizontale Kraft immer in derselben Richtung auf ein schwingendes Pendel wirken, so ist das Ergebniß eine Aenderung der Periode, wenn die Kraft jedesmal im Momente der größten Elongation auf der einen oder der andern Seite wirkt, ohne daß die Schwingungen übrigens unterstützt oder gehemmt werden; eine Unterstützung oder Hemmung erfolgt dagegen, wenn die Kraft beim Durchgang durch die Gleichgewichtslage wirksam ist oder in der Nähe dieses Punktes. Sollen nun die Schwingungen längere Zeit unterhalten werden, so darf die periodische Kraft nicht vom Orte des schwingenden Körpers allein abhängig sein. Wirkt z. B. auf das Pendel eine Kraft beim Durchgange durch die Gleichgewichtslage stets nach derselben Seite, so werden die Schwingungen nicht lange unterhalten; denn wenn beim Hingange des Pendels die Schwingung gefördert wird, so wird sie umgekehrt beim Hergange wieder durch die Kraft, welche jetzt der Bewegung entgegenwirkt, gehemmt.

Dieser letztere Umstand kommt bei der Theorie der elektrischen Stimmgabeln in Betracht, wird aber bei Erklärung der Wirkung derselben oft außer Acht gelassen. Es ist nämlich hier nicht die magnetische Kraft an sich, welche die Schwingungen der Gabel unterhält, sondern die Differenz der beim Hingange und der beim Hergange der Gabel wirksamen elektrischen Kräfte;

beide sind nämlich von einander verschieden, theils in Folge des entstehenden Extrastromes, theils wegen der Adhäsion des Quecksilbers an dem Drahte, durch dessen Bewegung der Strom geschlossen und unterbrochen wird. Beide Umstände bewirken, daß die magnetische Kraft stärker ist während des letzten als während des ersten Theiles des Contactes, und darauf gerade beruht die Möglichkeit der Unterhaltung der Schwingungen.

Lord Rayleigh betrachtet dann speciell die Unterhaltung der Schwingungen durch Wärme. Hierauf beruht u. a. das bekannte Trevelyan-Instrument; von besonderem Interesse aber sind die auf solche Weise unterhaltenen Schwingungen von Luftmassen. Diese Schwingungen werden unterstützt, wenn die Wärme der Luft zugeführt wird im Zustande der größten Verdichtung oder entzogen im Zustande der größten Verdünnung; im umgekehrten Falle erfolgt eine Schwächung der Schwingungen, die Tonhöhe aber bleibt in beiden Fällen ungeändert. Dagegen wird die Tonhöhe erhöht oder erniedrigt ohne Verstärkung oder Schwächung der Schwingungen, je nachdem die Wärmezufuhr eine Viertelperiode vor oder nach dem Momente der größten Verdichtung, also beidemal im Zustande normaler Dichte, erfolgt.

Solche durch Wärme unterhaltene Schwingungen treten z. B. auf bei einer Erscheinung, die oft von Glasbläsern beobachtet wird und von Dr. Sondhaus schon 1850 specieller untersucht,[1]) aber bisher noch nicht genügend erklärt worden ist. Wird an das Ende einer etwas engen, ungefähr 12 bis 15 Centim. langen Glasröhre eine Kugel von etwa 2 Centim. Durchmesser angeblasen, so hört man bisweilen einen von dem erhitzten Glas ausgehenden Ton. Sondhaus fand, daß die Schwingungen des Gases selbst keinen wesentlichen Antheil an der Erscheinung nehmen, und derselbe entdeckte auch den Zusammenhang zwischen den Dimensionen des Apparates und der Tonhöhe. Was nun die Erklärung anlangt, so könnte man auf den ersten Blick nach dem angegebenen Princip vielleicht glauben, daß hier gar kein anhaltendes Tönen möglich sei. Denn da das offene Ende der Röhre kühler ist als das über der Flamme befindliche geschlossene, und da die Luft eine Viertelperiode von

1) Poggend. Ann. Bd. 79, S. 1.

dem Momente der größten Verdichtung nach dem geschlossenen Ende hin strömt, so findet die Wärmezufuhr zur Luft bei deren normaler Dichte statt, wobei, wie erwähnt, die Bewegung nicht verstärkt wird. Dagegen muß man aber in Rechnung ziehen, daß der Ausgleich und die Uebertragung der Wärme, insbesondere infolge des Einflußes der Röhrenwände Zeit braucht, so daß sich die Wärmezufuhr unter Umständen so lange hinaus ziehen kann, bis die Luft ihre größte Dichte erreicht hat, in welchem Falle dann die Bedingung für ein andauerndes Tönen erfüllt ist. Diese Bedingung leichter zu erfüllen, ist auch eine Wirkung der Kugel, die am Ende angeblasen ist.

Aehnliche Umstände walten auch bei den singenden Flammen ob: auch hier könnte kein Ton entstehen, wenn Gas und Wärme sich gleich schnell verbreiteten. Indessen sprechen auch hier manche Umstände für eine Verzögerung der Wärmezufuhr gegenüber der Gaszufuhr. Ferner muß die Länge des Zufuhrrohres innerhalb gewisser Grenzen liegen, damit die zur Unterstützung der Schwingungen erforderlichen Bedingungen erfüllt werden können: sie muß nämlich zwischen einem geraden und dem darauf folgenden ungeraden Vielfachen einer Viertelwellenlänge desjenigen Tones liegen, welchen der Resonator, in dem betreffenden Gase angeblasen, giebt, und mit welchem der Flammenton identisch ist.

Ferner gedenkt Lord Rayleigh einer von Rijke entdeckten Erscheinung: Wenn ein feines Drahtnetz in den untern Theil einer verticalen, beiderseits offenen Röhre eingebracht und durch eine darunter gestellte Gasflamme erhitzt wird, so hört man einen lauten, mehrere Secunden lang anhaltenden Ton fast unmittelbar nach Entfernung der Flamme. Rijke fand, daß die Entstehung des Tones abhängt von der Bildung eines auf das Drahtnetz wirkenden Luftzuges. Bei dieser Anordnung des Versuches hört der Ton schnell auf, weil das Netz sich rasch abkühlt; als aber Rijke das Netz durch den Strom einer kräftigen galvanischen Batterie erhitzte, konnte er den Ton längere Zeit hindurch unterhalten. Auch hier empfängt die Luft bei den in der Röhre entstehenden Strömungen die Wärme immer in dem Zustande ihrer größten Dichtigkeit und die Schwingungen werden daher unterstützt; würde dagegen die Drahtgaze im obern Theile der Röhre angebracht, so würde keine solche Unterstützung der Schwingungen, also auch kein Tönen eintreten.

Auf dieselbe Weise erklärt sich ein analoger Versuch von Bosscha: Wenn ein heißer Luftstrom auf kalte Drahtgaze in einer verticalen Röhre trifft, so entsteht auch ein Ton; aber die Gaze muß dann im obern Theile der Röhre angebracht sein. Sehr schön gelingt dieses Experiment, wenn man dazu nach der Anordnung von Rieß ein Kupferrohr verwendet, dessen oberer Theil, worin sich die Drahtgaze befindet, durch ein Gefäß mit kaltem Wasser geht, während eine Gasflamme am untern Ende immer neue Wärme zuführt. Manchmal trägt es zum besseren Gelingen des Versuches bei, wenn man dem Zug eine Holzplatte ziemlich dicht über dem oberen Ende des Rohres entgegenhält.

In beiden Fällen, bei dem Rijke'schen, wie bei dem Bosscha-schen Versuche, ist auf die Stärke des Tones der Ort des Drahtnetzes in der Röhre von Einfluß: am zweckmäßigsten bringt man dasselbe um $^1/_4$ der ganzen Länge vom untern, beziehentlich obern Ende entfernt an, weil dort Bewegung und Druckveränderungen verhältnißmäßig beträchtlich sind.

Schwingungen einer Stimmgabel in einer incompressibeln Flüssigkeit. Wird eine angeschlagene Stimmgabel schnell in ein Gefäß mit Wasser getaucht, so hört man, namentlich, wenn man das Ohr auf den resonirenden Tisch auflegt, einen etwas tiefern Ton als den der Stimmgabel. Diese bereits von Chladni bemerkte, aber, wie es scheint, bisher wenig beachtete Erscheinung erklärt Dr. F. Auerbach[1]) als „eine nothwendige Folge des Umstandes, daß die Zerstreuung der kinetischen Energie in den sogenannten incompressibeln Flüssigkeiten unter anderen Verhältnissen erfolgt als in den Gasen.“ In den Formeln für die Schwingungszahl tritt nämlich die Quadratwurzel aus dem Elasticitätcoëfficienten des schwingenden Mediums als Factor auf. Dieser Coëfficient wird definirt als das Verhältniß eines unendlich kleinen Druckzuwachses zu der unendlich kleinen Volumencompression, und sein Werth hängt wesentlich von den Umständen ab, unter denen die mit den Schwingungen verbundene Zustandsänderung vor sich geht. Bei den Schallschwingungen elastischer fester Körper in Gasen bleibt nun annäherungsweise die Entropie, bei den

1) Ann. der Physik u. Chemie. N. F. Bd. 3, S. 157. vgl. auch Prof. Kolacek in der Wiener Akad. Ber. vom 7. November 1878.

Schwingungen in tropfbaren Flüssigkeiten mit freier Oberfläche aber die Temperatur constant. Es verhalten sich aber die Elasticitätscoëfficienten für beide Fälle, wie die specifischen Wärmen für constanten Druck und für constantes Volumen, welches Verhältniß etwa 1,4 ist. Ist daher 1 die Schwingungszahl der Stimmgabel in Luft, so wird sie in Wasser $\sqrt{1,4} = 1,18$ sein, d. h. die Töne im Wasser sind tiefer und des Schwingungsverhältniß ist etwa 7:6, das Intervall liegt also zwischen dem ganzen Ton und der kleinen Terz. Die Versuche gaben nun für c (132 Schwingungen) 1,11, für c^1 (264 Schwing.) 1,12, für g^1 (396 Schw.) 1,13, für c^2 (528 Schwing.) 1,15; es wird sonach der ideale Grenzwerth des Intervalles um so genauer erreicht, je höher der Ton ist.

Bezüglich des Rijke'schen Versuches sei noch auf eine Arbeit „über das Tönen der Luft in Röhren" von C. Ciamician in Wien verwiesen.[1])

Ueber die Resonanz in Hohlräumen hat Consistorialrath Theodor Wand in Speier eine Abhandlung veröffentlicht,[2]) in welcher er auf analytischem Wege folgende Sätze entwickelt:

„Hohlräume mit einer Oeffnung, welche angeblasen den gleichen Ton geben, lassen diesen Ton, wenn er von außen erregt wird, in gleicher Stärke wiederklingen, welches auch die Gestalt dieser Hohlräume und ihrer Oeffnungen sein mag."

„Die beiden tiefsten Töne, welche eine cylindrische Pfeife giebt, wenn sie nur an einem Ende oder an beiden Enden offen ist, liegen weniger als eine Octave aus einander, und das Intervall dieser beiden Töne ist um so kleiner, je größer der Durchmesser der Pfeife im Verhältniß zur Länge ist."

„Sogenannte cubische Pfeifen mit einem cylindrischen Ansatz geben einen Ton, dessen Höhe durch eine transcendente Gleichung bestimmt wird. Specialfälle sind:

Wenn die Länge l des cylindrischen Ansatzes gleich Null ist; alsdann ist, wenn N die Schwingungszahl des Tones, C eine Constante, R den Radius des cylindrischen Ansatzes und V das Volumen des bauchigen Raumes bedeutet:

1) Ann. der Physik u. Chemie. N. F. Bd. 2. S. 133.
2) Dies. N. F. Bd. 4. S. 107.

$$N = C\sqrt{\frac{2R}{V}}.$$

Wenn die Länge des Halses groß ist gegen den Radius, aber der Raum des cylindrischen Ansatzes nur ein Bruchtheil des bauchigen Hohlraumes; alsdann ist:

$$N = C\sqrt{\frac{\pi R^2}{Vl}}."$$

Beide Formeln hat Sondhaus durch Versuche nachgewiesen,[1]) und die erste ist von Helmholtz analytisch abgeleitet worden.[2])

„Hat eine cubische Pfeife zwei Löcher a und b, und läßt das erste Loch a für sich allein einen Ton hören, dessen Schwingungszahl N_a ist, das zweite Loch b für sich allein einen Ton, dessen Schwingungszahl N_b ist, so läßt diese Pfeife, wenn man beide Löcher zugleich offen läßt, einen Ton hören, dessen Schwingungszahl $\sqrt{N_a^2 + N_b^2}$ ist." Diesen Satz hat Sondhaus ebenfalls experimentell gefunden.

Zur Bestimmung der Resonanztöne der Mundhöhle hat Dr. F. Auerbach ein Verfahren in Anwendung gebracht,[3]) dessen Princip einer hier und da geübten Spielerei zu Grunde liegt. Wenn man nach reichlicher Einathmung den Mund in die einem bestimmten Vocale entsprechende Stellung bringt und nun den Kehlkopf in der Gegend des Schildknorpels nach Art der Aerzte percutirt, indem man den Mittelfinger der einen Hand fest auflegt und mit demjenigen der andern Hand fest darauf klopft, so hört man einen verhältnißmäßig klaren, deutlichen Ton, dessen Höhe sich mit der Mundstellung ändert, aber für dieselbe Mundstellung immer die nämliche ist. Man kann auf solche Weise die den verschiedenen Vocalen entsprechenden Resonanztöne der Mundhöhle sehr genau bestimmen. Wenn man zwischen zwei um eine Octave von einander verschiedenen Tönen zweifelhaft bleibt, so hat man sich für den höheren zu entscheiden, weil bei kurzen Tönen die Partialtöne sich nicht mit der Regelmäßigkeit ausbilden, wie bei langanhaltenden, an die wir gewöhnt sind, daher uns erstere tiefer erscheinen als sie wirklich sind.

1) Poggend. Ann. LIX und LXXXI.
2) Crelle's Journal LVII.
3) Ann. der Physik u. Chemie. N. F. Bd. 3, S. 152.

Auf diese Weise erhielt Auerbach folgende Eigentöne des Mundes für die verschiedenen Haupt- und Uebergangsklänge:

w (englisch)	U	ou (Helmholtz)	O	Å (schwedisch)	A (voll)	a (scharf)	Ä	E	I	y (englisch)	ö	ü
b bis e^1	f^1	fis^1 bis g^1	a^1	c^2	f^2	g^2 bis b^2	c^2 bis d^2	g^1 bis a^1	f^1	e^1 bis b	gis^1 bis a^1	e^1 bis f^1

Es ist hierzu zu bemerken, daß das U nicht zu dumpf gewählt wird; es müssen die durch Reibung der Luft entstehenden, dem Consonanten w entsprechenden und beim englischen w mitklingenden Schwingungen eben noch vermieden werden. Uebrigens stimmt der für U gefundene Ton mit dem überein, welchen Donders früher bestimmt hat [1]) nach einer Methode, „welche auf erhebliche Genauigkeit keinen Anspruch machen konnte.“ Von dem Helmholtz'schen Resultat weicht das obenstehende um eine Octave ab. Das Verfahren von Helmholtz [2]) besteht darin, zu einer gegebenen Mundstellung die Stimmgabel zu suchen, auf deren Ton die Mundhöhle am stärksten resonirt, oder umgekehrt zur Stimmgabel die zugehörige Mundstellung zu bestimmen.

Durch die Percussion stellt sich deutlich heraus, daß beim O der Eigenton der Mundhöhle a^1, nicht a ist, und daß der Uebergang von U zu O einer Terz, nicht einer Octave und Terz entspricht. Uebrigens ergeben sich O und Å aus dem U als ungezwungene Erweiterungen der Mundöffnung mit gleichzeitiger Verkleinerung der Mundhöhle; das volle A erscheint als Endglied dieser Reihe, die verticale Höhe der Mundöffnung hat ihr Maximum erreicht, die seitliche Zurückziehung der Mundwinkel hat noch nicht begonnen. Mit dieser beginnt das scharfe a, das dann in Ä 2c. übergeht. Es ist bemerkenswerth, daß beim Uebergang vom U zum O, Å und A die Tonhöhen weniger rasch zunehmen als nach Helmholtz' Angabe.

1) Archiv für die holländ. Beiträge f. Natur- und Heilkunde. I, p. 157.
2) Die Lehre v. d. Tonempfindungen, 4. Aufl. S. 168.

Man nimmt diese Percussionstöne noch deutlicher und klarer wahr, wenn man sich die Ohren mit Klebwachs verstopft. „Sie bilden dann eine schöne Reihe musikalischer Töne, . . . und es ist interessant, mit welcher Leichtigkeit man ohne vorher gegangene Uebung die Töne auf dieser so unfertigen Claviatur trifft."

Tönender Sand. Die Erscheinung, daß Sandmassen beim Betreten u. s. w. ein ungewöhnlich lautes Getöse vernehmen lassen, ist schon seit längerer Zeit an verschiedenen Orten beobachtet worden. Da kürzlich einige neue derartige Localitäten namhaft gemacht worden sind, so sollen hier die wesentlichsten Angaben über diese Erscheinung Platz finden.

Am längsten kennt man das Phänomen am Gebel Nakus oder Glockenberg auf der Halbinsel Sinai. Der Volksglaube der Araber hält das Getön des Sandes für Glockenklang, der die Mönche eines im Berge begrabnen Klosters zum Gebete ruft. Eine genauere Beschreibung dieser nordwestlich von der Stadt Tur, dicht am Rothen=Meere gelegenen Oertlichkeit hat der Reisende Ward im Jahre 1857 gegeben.[1]) Der Weg dahin führte über einen sich weit erstreckenden Sandstreifen, auf der einen Seite vom Meer, auf der andern durch ein steiles, meist senkrechtes Gehänge tertiären Sandsteins begrenzt, in welchem durch den Einfluß der Atmosphärilien lange Furchen entstanden waren. Eine derselben, etwa 15 Meter breit, reichte bis zum Gipfel und bildete eine Böschung von gelbem glänzendem Sand von 40—45° Neigung, auf beiden Seiten durch mauerartige Sandsteinmassen vorm Winde geschützt. Als Ward mit seinen Gefährten diese Böschung hinan ging, war anfangs Nichts zu hören; später nahm er einen schwachen musikalischen Klang wahr, der abwechselnd stieg und sank, bisweilen einer Flöte ähnlich; plötzlich aber erschollen Töne, so mächtig wie die einer großen Orgel, so daß der ganze Hügel zu beben schien. Die Erscheinung war stets mit einer Bewegung des Sandes verbunden: sobald man den Fuß von dem lockeren Boden erhob und der nachrollende Sand die Vertiefung wieder ausfüllte, ließ sich der Ton hören, am stärksten als eine große Sandmasse sich bewegte.

1) Leonhard und Bronn, Neues Jahrb. 1857, S. 725; Petermann's Mittheil. 1858, S. 38.

Ein älterer Besucher, Seetzen,[1]) fand den beim Betreten des Sandes wahrnehmbaren Ton anfangs dem eines Brummkreisels ähnlich, leise und fibrirend, bald steigend, bald fallend, bald aufhörend und wieder beginnend. Als er auf einem der Sandstreifen emporklomm, wurde der Ton lauter und anhaltender, er schien unter seinen Knien hervor zu kommen, unter denen der Sand längs der Oberfläche des Gesteins hinabglitt. Nachdem er aber den Gipfel des Hügels erstiegen hatte und sich nun hinabgleiten ließ, indem er den Sand mit Händen und Füßen in Bewegung setzte, wobei große Massen lockern Sandes hinabrollten, wurde der Lärm so arg, „daß die Erde zu zittern schien und er sicher in Schrecken gerathen wäre, hätte er nicht die Ursache gekannt."

Lieutenant Welsted giebt die Höhe des Glockenberges zu etwa 400 Fuß an, und bemerkt, daß der Laut, welcher entsteht, wenn der Sand auf der geneigten bis zum Gipfel emporsteigenden Fläche in Bewegung gesetzt wird, anfangs den schwachen Tönen einer Aeolsharfe gleicht; bei raschem Hinaufsteigen, wenn der Sand lebhaft bewegt wird, werde er stärker, fast gleich dem eines Glases, das mit einem angefeuchteten Finger gerieben wird. „Als der herabrollende Sand den Fuß des Berges erreichte, waren die Schwingungen so laut wie ferner Donner, der Felsen, auf dem wir saßen, gerieth in zitternde Bewegung, und unsere Kameele — nicht leicht zu erschreckende Thiere — wurden so scheu, daß ihre Führer sie nur mit Mühe halten konnten."

Eine andere ähnliche Oertlichkeit ist der etwa 400 Fuß hohe Hügel Reg-Rawan („Sich bewegender Sand"), etwa 40 engl. Meilen nördlich von Kabul, nahe dem Fuße des Hindukusch, den Sir Alexander Burnes 1837 besucht und nachher beschrieben hat. Eine Sandschicht, weiß wie der Sand der Meeresküste, steigt an ihm unter etwa 40° Neigung bis zum Gipfel empor, beiderseits von steilern Sand- und Kalksteinwänden eingefaßt. „Wenn eine Anzahl Leute auf dem Sande hinabgleiten, so entsteht ein Ton ähnlich dem einer großen Trommel." Schon der kriegerische Zahor Edin Muhamed Baber, der im Anfang des 16. Jahrhunderts das Reich des Groß-

---

1) Petermann's Mittheil. 1858, S. 405.

moguls gründete und in tartarischer Sprache sein Leben im „Babernameh“ beschrieben hat, schildert diesen Berg als „einen kleinen Hügel mit einem Streifen Sand vom Gipfel bis zum Fuß, von dem im Sommer die Töne von Trommeln und Nagarets hervorkommen.“

Eine dritte Localität hat der schottische Geolog Hugh Miller gefunden auf der kleinen Insel Eigg an der Westküste von Schottland. Im Nordwesten derselben, an der kleinen Bai von Laig findet sich in seltsamen Formen ein weicher oolithischer Sandstein, der zu einem feinen Sande zerfällt. An einer Stelle füllt dieser Sand eine kleine, wenige 100 Fuß breite Bucht aus, tief in die See hinabsteigend, die über seiner Weiße eine hellere Schattirung ihres Grün zeigt, während in der Nähe der Sand in Form angeschwemmter Uferbänke, bedeckt mit Dünenpflanzen, auf das Land übergreift. Bei Betrachtung einiger Muscheln hörte nun Miller, wie er in seinem nachgelassenen Werke „The Cruise of the Betsey“ berichtet, einen eigenthümlichen Laut, den der Sand beim Tritte seiner Gefährten von sich gab. „Ich trat ihn, schreibt er, „mit dem Fuße in schiefer Richtung, wo die Oberfläche trocken und lose in der Sonne lag, und der hervorgelockte Laut war ein gellender Ton, einigermaßen dem ähnlich, welchen ein gewichster Faden erzeugt, wenn er, zwischen den Zähnen und der Hand angespannt, mit dem Nagel des Zeigefingers geschnippt wird. Ich ging über den Sand hin, ihn bei jedem Schritt in schiefer Richtung stoßend, und bei jedem Stoß wiederholte sich der gellende Ton. Meine Begleiter kamen zu mir heran und wir führten ein Concert auf, in welchem wir uns zwar einer nur geringen Mannigfaltigkeit der producirten Töne rühmen, aber wenigstens für das Instrument, welches dieselben hervorgebracht hatte, ganz Europa herausfordern konnten ... Als wir über die trockneren Strecken gingen, stieg ein beständiges mu, mu, mu von dem Boden auf, das man in der ruhigen Luft 20—30 Yards weit hören konnte, und wir fanden, daß da, wo ein feuchtes, halb zusammenhängendes Lager unter dem trockenen und losen Sande vorkam, die Töne am lautesten, schärfsten und leichtesten durch den Fuß hervorzubringen waren.“

Bald nach Veröffentlichung der Miller'schen Beobachtungen in Petermann's Mittheilungen, theilte Dr. R. Girschner,

Prorector des Dom-Gymnasiums in Kolberg mit,[1]) daß man in Kolberg an dem Strandsande, namentlich östlich vom Hafen, dieselbe Erscheinung schon seit Jahren kenne. Dieser Sand besteht aus einer Grundmasse von kleinen glänzenden Kugeln weißen Quarzes mit dazwischen liegenden dunkel gefärbten Körnern, die vom Magnet angezogen werden. „Geht man nun zu gewissen Zeiten — denn das Phänomen tritt keineswegs immer auf — durch denselben, so hört man das tönende Klingen, namentlich, wenn man mit dem Fuße in schiefer Richtung stößt, genau so wie es Miller beschreibt. Nach einiger Uebung ist man im Stande, diese merkwürdigen Töne so laut und schrillend werden zu lassen, daß sie weithin hörbar sind ... Die weiteren Bedingungen dieser eigenthümlichen Musik sind folgende: Einmal müssen bei höherem Seegange die brandenden Wellen über den Sand hinweggegangen sein und ihn durchfeuchtet haben; zweitens muß unmittelbar darauf die Sonne ihn beschienen und bis zur Tiefe von etwa einem Fuß ausgetrocknet haben. Treffen diese Umstände zusammen, so wird er einen oder mehrere Tage lang musikalisch, später verliert sich dies wieder. Derselbe Sand, von dem Seewinde unmittelbar dahinter in den Dünen angehäuft, zeigt keine Spur des Tönens; auch sucht man dasselbe vergeblich hervorzubringen, wenn längere Zeit ruhige See gewesen, der Strandsand von stärkerem Regen durchfeuchtet und dann wieder an der Sonne getrocknet worden ist." Dr. Girschner schließt hieraus, daß ein feiner, festhaftender Ueberzug von Salzkrystallen, der nach längerem Liegen verschwindet, zum Entstehen des Tones nöthig sei. Der Umstand, daß auch der Sand auf Eigg am lautesten tönt, wo unter der trockenen und losen Schicht ein feuchtes Lager vorkommt, scheint ihm eine Bestätigung dieser Hypothese. Am Gebel Nakus und Rog-Rowan müsse freilich eine andere Ursache vorhanden sein.

Miller war der Meinung, daß an diesen beiden letzteren Orten die Erscheinung in verwittertem oolithischen Sandstein stattfinde, ohne sich aber darüber Rechenschaft ablegen zu können, warum gerade solcher Sand töne, während gewöhnlicher Küstensand stumm bleibt. Ward sucht in etwas unbestimmter Weise

---

1) Petermann's Mittheil. 1859, S. 119.

den Grund der Erscheinung in der gegenseitigen Reibung der scharfeckigen Sandkörner und in ihrer Erhitzung durch die tropische Sonne.

Wie bereits erwähnt, sind nun neuerdings noch ein Paar Oertlichkeiten nachgewiesen worden, an denen sich tönender Sand findet. Zunächst hat einem Bericht in der „Gäa“ [1]) zufolge R. W. Trink der Californischen Akademie eine Flasche Sand geschickt, welcher von einem etwa 60 Fuß hohen, vom Winde zusammengetriebenen Sandwalle der Insel Hawaii stammt, der sich vom südwestlichen Ende der Insel an, etwa 60 Meter von der Küste entfernt, ungefähr 1 1/2 engl. Meilen weit hin erstreckt. An dem Südende, welches vorrückt, ist die Böschung die steilste, welche nach Beschaffenheit des Sandes möglich ist. „Setzt man sich“, schreibt Trink, „auf diesen Sand und rührt ihn mit der Hand kreisförmig um, so entsteht ein Ton, wie der eines Melodiums. Kniet man auf dem Sande mit ausgestreckten Armen, indem man damit soviel als möglich umfaßt und in Bewegung setzt, und läßt man sich nun abwärts gleiten, so wird der Ton immer lauter, bis er endlich fernem Donner ähnelt. Bei diesem Experiment war das Geräusch so stark, daß selbst unsere in der Nähe stehenden Pferde unruhig zu werden begannen.

Der stärkste Laut wurde aber hervorgebracht, wenn ein Eingeborner sich flach auf den Bauch legte und ein anderer ihn bei den Füßen rasch den Abhang hinabzog, während jener soviel Sand als möglich mit sich zog. Der Laut war fast erschreckend und auf mehrere Hundert Schritte weit hörbar.“ Trink fügt noch u. a. hinzu, daß der Sand ganz dem gewöhnlichen, nicht tönenden Meersande gleicht; daß völlige Trockenheit zur Entstehung des Tones nothwendig erscheine, daß er allerdings auch noch klinge, wenn sich 6 Zoll darunter eine feuchte Schicht befinde, daß aber die Fähigkeit des Klingens verloren gehe, sowie beide Schichten sich mischen.

Dr. James Blake fand bei der Untersuchung dieses nach seiner Ansicht vulkanischen, Sandes zahlreiche mikroskopische, röhrenartige, meist am Ende geschlossene Höhlungen und ist der Meinung, daß die Schwingungen der Luft in diesen Höhlungen, die durch die Reibung der Sandkörnchen gegen einander erregt

---

1) Jahrg. 1878, S. 671.

werden, die Hauptursache des Tönens sind. Ist der Sand feucht, so sind die Hohlräume mit Wasser gefüllt.

Gegen diese Theorie Blake's trat F. Noll auf, indem er zugleich auf eine neue Fundstätte solchen tönenden Sandes aufmerksam machte.[1]) „Einige hundert Schritt oberhalb der Loreley, jedoch auf der linken Rheinseite, wo der Hunsrück in den Rhein vorspringt, kommt bei niedrigem Wasserstande ein kleines Plateau von glattgeschliffenen Felsplatten zum Vorschein, das sogenannte „Bett.“ Auf den geringen Vertiefungen dieses Plateau's lagern einzelne, wenige Quadratmeter große und etwa fußstarke Bänke eines sehr reinen Sandes. Ort und Festigkeit dieser Bänke lassen auf ein ziemlich großes specifisches Gewicht der abgelagerten Sandkörner schließen. Als ich“, schreibt er weiter, „über eine solche Sandbank wegging, hörte ich einen eigenthümlichen Klang, als sei der Sand direct über ein tiefes Gewölbe gespannt. Beim Aufstampfen verstärkte sich dieser Ton sehr, und ich möchte ihn am liebsten mit dem einer mäßig dünnen Eisdecke vergleichen . . . Selbst das Aufsetzen eines leichten Stockes brachte die Sandflächen in erstaunlicher Weise zum Tönen; das Bohren in dieselbe, das schnelle Durchfurchen mit dem Stocke brachte ein eigenthümliches zitterndes Dröhnen hervor. Sogar oben auf der circa 8 M. höher und 10 M. weiter gelegenen Landstraße war beim Hinabwerfen eines Steines der Klang schön und deutlich.“

Noll weist weiterhin darauf hin, daß derselbe Sand im feuchten Zustande nicht klingt; man hört beim Aufschlagen nur einen matten Klatsch.

Gegen Blake's Theorie macht er geltend, daß die Luftschwingungen in den mikroskopischen Hohlräumen, wenn solche durch hinlänglich starke Erschütterungen der Sandkörner zu stande kämen, sehr hohe und schwache Töne liefern müßten, die wir mit unserem Ohr wahrscheinlich gar nicht wahrnehmen würden. Auch würden die Combinationstöne oder Differenztöne, die daraus entstünden, und denen man vielleicht geneigt wäre, das donnerartige Getöse zuzuschreiben, noch viel schwächer und daher nicht geeignet sein, das furchteinflößende Donnern zu erklären.

Nach Noll's Ansicht ist es wesentlich, daß durch feste Lage-

1) Gäa, Jahrg. 1879, S. 71.

rung gleichen und harten Materiales gleichsam eine einzige Platte geschaffen wird, die als Ganzes tönt, was nicht stattfindet, wenn weiche Lehmtheilchen, Wasser oder Lufträume die Verbreitung der Schallschwingungen hindern. Der ganze Sanddamm auf Hawaii bildet einen einzigen akustischen Körper. Die Leute, welche, mit den Armen Sand umschließend, auf dem Abhange herabrutschten, spielten die Rolle des Violinbogens auf einer Saite. Eine große Masse, wie sie hier in Schwingungen versetzt wird, kann, muß sogar einen tiefen, donnerähnlichen Ton erzeugen.

Optik.

Theorie der Lichtbewegung.

Zusammenhang zwischen Wellenlänge und lebendiger Kraft. Im neunten Jahrg. dieses Jahrb., S. 58, ist der Versuche des inzwischen verstorbenen Professors J. J. Müller gedacht worden, aus denen derselbe auf einen solchen Zusammenhang schloß, in der Weise, daß mit wachsender lebendiger Kraft und demnach größerer Helligkeit auch die Wellenlänge wächst. Dieser Zusammenhang soll freilich erst erkennbar sein, wenn Differenzen von Milliontheilen des eigenen Werthes der Wellenlänge und noch kleinere berücksicht werden. Um zu diesem Resultate zu gelangen, brachte Müller zwei Strahlenbündel zur Interferenz, schwächte dann an möglichst entfernten Stellen die Intensität derselben und bemerkte nun eine geringe Verschiebung der Interferenzfransen, eine Folge der Veränderung der Wellenlänge.

Es hat nun neuerdings F. Lippich diese Beobachtungen wiederholt [1]) unter Umständen, welche eine weit größere als die von Müller beobachtete Verschiebung der Fransen erwarten ließen; aber dessen ungeachtet konnte nicht die geringste Verschiebung beobachtet werden. Lippich schlägt die Genauigkeit seiner Versuche durchschnittlich auf das 2000fache der Müllerschen an und glaubt durch seine negativen Resultate nachgewiesen zu haben, daß selbst in zweiter Näherung, welche bereits Hunderte von Milliontheilen einer Wellenlänge berücksichtigt,

1) Abh. der Wiener Akad. Math.-nat. Klasse. Bd. 72, S. 355.

die Wellenlänge des Lichtes sowohl im freien Aether, als auch in ponderabeln Medien unabhängig von der Amplitude der Lichtschwingungen ist.

Eine Theorie der Absorption und Fluorescenz ist kürzlich von Professor E. Lommel in Erlangen gegeben worden.[1]) Dieselbe unterscheidet sich von der früher von ihm veröffentlichten (vergl. dieses Jahrb. VII, S. 130) in zwei Punkten: einmal hat Lommel der zu Grunde liegenden Bewegungsgleichung dadurch eine erweiterte Gestalt gegeben, daß er noch ein Glied hinzufügt, welches einen der Geschwindigkeit proportionalen Widerstand ausdrückt; sodann hat er das Princip: „Homogenes Licht besteht aus einfachen pendelartigen Schwingungen“ zur Interpretation der Ausdrücke herangezogen. Uebrigens hält er fest an der Vorstellung, daß die schwingenden Bewegungen, welche die Absorption und Fluorescenz verursachen, intramolekulare sind, d. h. innerhalb der Molekel von statten gehen; ferner nimmt er an, daß jedes Atom nach seiner Gleichgewichtslage hingezogen werde mit einer Kraft, welche sich durch eine nach steigenden Potenzen der Verschiebung entwickelbare Function darstellen läßt, wobei er nicht nur die erste, sondern auch die zweite Potenz berücksichtigt.

Wir müssen hier auf eine Wiedergabe der analytischen Entwickelungen Lommels verzichten und uns beschränken auf Hervorhebung der wesentlichsten Resultate, womit zugleich der Gedankengang der Arbeit in den Hauptzügen skizzirt ist.

Zunächst gelangt Lommel unter der Annahme, daß der Widerstand gleich Null ist, zu dem Kirchhoff'schen Satze, daß eine Wellenbewegung von einem Körper absorbirt wird, wenn ihre Periode derjenigen gleich ist, in welcher die Körperatome selbst zu schwingen vermögen.

Weiter zeigt sich dann, daß auch eine Wellenbewegung, deren Schwingungszahl doppelt oder nur halb so groß als die dem Grundtone des Körperatoms eigenthümliche ist, ebenfalls von diesem absorbirt wird, indem sie diesen Grundton verstärkt. Lommel bezeichnet diese beiden Vorgänge als Absorption durch die nächst tiefere Octave und Absorption durch die nächst höhere Octave und stellt sie unter der gemein-

1) Ann. der Physik u. Chemie. N. F. Bd. 3, S. 251.

samen Benennung indirecte Absorption der von Kirchhoff betrachteten directen oder der Absorption durch Einklang gegenüber. Die indirecte Absorption ist lediglich durch den Einfluß der zweiten Potenz der Verschiebung bedingt und wird von der directen an Intensität übertroffen.

Ist aber ein Widerstand vorhanden, so ergiebt sich das Maximum der molekularen Absorption für den Fall, daß die Schwingungszahl der einfallenden Welle derjenigen gleich ist, die dem Körperatome eigen wäre, falls es ohne Widerstand zu schwingen vermöchte. Indessen ist die Absorption nicht auf diesen Fall beschränkt, sondern erstreckt sich auch noch auf größere und kleinere Werthe der einfallenden Welle. In Folge dessen sieht man bei Zerlegung des durch einen absorbirenden Körper gegangenen weißen Lichtes mittels einer Prismas an der entsprechenden Stelle des Spectrums einen Absorptionsstreifen, der um so breiter, verwaschener und weniger intensiv wird, je größer der Widerstands-Coëfficient ist; immer aber nimmt die Absorption nach der weniger brechbaren Seite hin rascher ab als nach der andern. Ist der Widerstand gleich Null, so zieht sich der Streifen in eine scharfe dunkle Linie zusammen. Die Thatsache, daß bei gasförmigen Körpern schmale dunkle Absorptionslinien, bei festen und flüssigen Körpern aber stets mehr oder minder breite Streifen beobachtet werden, würde sich demnach durch die Annahme erklären, daß in den Molekeln eines vollkommenen Gases die Schwingungen der Atome ohne Widerstand erfolgen, während in den Molekeln der festen und flüssigen Körper ein, vielleicht durch die Cohäsionsverhältnisse bedingter Widerstand, wirksam ist.

Die Rechnung zeigt dann weiter, daß das Licht, welches von einem Körperatome ausgestrahlt wird, das unter dem Einflusse eines Widerstandes schwingt, nicht homogen ist, sondern durch ein Prisma in ein continuirliches Spectrum ausgebreitet wird, welches sich von der Stelle, die der Hauptschwingungszahl entspricht, nach beiden Seiten hin um so weiter ausdehnt, je größer der Widerstandscoëfficient k ist; die Hauptschwingungszahl r hängt mit dem Coëfficienten k und der Schwingungszahl p der stärksten Absorption, welche dem Atom zukäme, wenn es ohne Widerstand schwingen könnte, durch die Gleichung $r^2 = p^2 - k^2$ zusammen.

Diese Sätze wendet Lommel zunächst auf die Lichtentwickelung glühender Gase und Dämpfe an. Da in einem vollkommenen Gase der Widerstand Null ist, so enthält das Spectrum desselben, wenn es zum Selbstleuchten gebracht wird, eine schmale, scharfe Linie von der Schwingungszahl p; entfernt sich aber das Gas durch Vergrößerung der Dichte oder des Druckes vom vollkommenen Gaszustande, so erleidet diese helle Linie eine Verbreiterung und zugleich Verschiebung nach der weniger brechbaren Seite hin, und bei noch größerem Wachsen des Druckes oder der Dichte dehnt sich das Spectrum nach beiden Seiten hin weiter aus, das Linienspectrum geht durch Verbreiterung und Abwärtsschieben der Linien in ein Bandenspectrum und endlich durch Zusammenfließen der Banden in ein continuirliches über. Der erste Theil dieses Satzes, die Verbreiterung und Verschiebung der Linien, ist durch Beobachtungen an den Dämpfen von Natrium, Lithium und Thallium, sowie an Wasserstoffgas von J. J. Müller[1]) und durch eine Beobachtung Zöllner's[2]) an Natriumdampf bestätigt; der letzte Theil entspricht einer allgemein bekannten Thatsache.

Fig. 17.



Hierauf wendet sich Lommel zur Fluorescenz, dem Processe des Selbstleuchtens der Atome eines Körpers, veranlaßt durch den periodischen Impuls einer auffallenden Lichtwelle. Die letztere erleidet dabei eine directe Absorption, die sich im Spectrum des durchgegangenen Lichtes durch einen Absorptionsstreifen kund giebt, dessen Maximum der Schwingungszahl p des „idealen" Grundtones entspricht. Die absorbirte Welle erregt nun Licht (Fluorescenzlicht), dessen Hauptschwingungszahl r tiefer liegt als p. Dieses Licht breitet sich zu beiden Seiten von r zu einem mehr oder minder breiten continuirlichen Fluorescenzspectrum aus.

Fig. 17 veranschaulicht diese Verhältnisse: AH stellt die Ausdehnung des Spectrums zwischen den Fraunhofer'schen

1) Poggend. Ann. Bd. 150, S. 313.
2) Dies. Bd. 142, S. 109.

Linien A und H dar, die schraffirte Curve über ab deutet den Absorptionsstreifen, die über cd das Fluorescenzspectrum an.

Jeder dem absorbirten Gebiete ab angehörige homogene Strahl erregt nun das ganze Fluorescenzspectrum von c bis d; insbesondere erregen also die Strahlen des gemeinsamen Gebietes ad nicht nur Fluorescenzlicht mit kleineren oder gleichgroßen, sondern auch solches mit größeren Schwingungszahlen. Der auf hellem Spectralgrund auftretende dunkle Absorptionsstreifen kann als Umkehrung des Fluorescenzspectrums betrachtet werden; doch ist mit dieser Umkehrung zugleich eine Verschiebung und eine Aenderung des Aussehens verbunden, denn Breitenausdehnung und Intensitätsvertheilung des Fluorescenzlichtes und das Absorptionsstreifens folgen ganz verschiedenen Gesetzen.

Wenn das Körperatom nicht nur der Schwingung r fähig ist, die dem sichtbaren Spectrum angehört und durch directe Absorption zu dem Absorptionsstreifen Anlaß giebt, der bis jetzt betrachtet wurde, sondern auch noch einer oder mehrerer Schwingungen r_1, r_2, . . ., welche in die nächst tiefere Octave des Spectrums fallen, so treten vermöge der indirecten Absorption durch die nächst tiefere Octave entsprechende Absorptionsstreifen innerhalb des sichtbaren Spectrums auf. Die Theorie zeigt nun, daß wenn ein Atom, welches mehrerer Schwingungen fähig ist, durch Absorption in Bewegung gesetzt wird, im allgemeinen nicht nur diejenige Schwingung wach gerufen wird, welche zu der Absorption den nächsten Anlaß giebt, sondern daß auch die übrigen Schwingungen, deren das Atom fähig ist, auftreten. Hiernach erregt also bei einem Körper von dieser Beschaffenheit jeder absorbirte Strahl nach Maßgabe seiner Absorptionsfähigkeit das nämliche Fluorescenzspectrum, und wenn man auf die Oberfläche eines solchen Körpers ein Sonnenspectrum projicirt, so zeigt dasselbe überall, wo Absorption auftritt, die nämliche Fluorescenzfarbe. Diesen Leuchtproceß hat Lommel in früheren Arbeiten als Fluorescenz erster Art bezeichnet. Die folgende Tabelle führt die Körper auf, welche dieselbe rein und unvermischt zeigen, und giebt zugleich die Lage des Fluorescenzspectrums sowie des Maximums der Absorption in der Bunsen'schen Spectroskop-Scala an.

	Beginn der Fluorescenz im Spectrum	Spectrum des Fluorescenzlichtes	Maximum des Fluorescenzlichtes	Maximum der Absorption
Chlorophyll	28	26—40	30	32
Naphthalinroth . . .	41	27—60	48	56
Brasileïn mit Soda .	47	29—65	58	65
Purpurin mit Alaun .	47	26—68	55	65
Safflorcarmin . . .	48	32—69	58	70
Eosin	55	28—77	65	76
Purpurin, äther. Lösung	55	30—75	65	74
Fluoresceïn	59	30—88	75	86
Uranglas	75	35—86	68	85

Die wesentlichen, empirisch nachgewiesenen Eigenschaften dieser Art der Fluorescenz sind:

jeder homogene Lichtstrahl, welcher absorbirt wird, ruft das ganze zusammengesetzte Fluorescenzspectrum hervor;

alle Körper, welche diese Fluorescenz zeigen, sind durch einen sehr starken, auch bei großer Verdünnung noch wahrnehmbaren Absorptionsstreifen ausgezeichnet, sie sind alle lebhaft gefärbt, zeigen normale Dispersion und im festen Zustande Oberflächenfarben;

die dunkelste Stelle des Absorptionsstreifens entspricht stets einer höheren Schwingungszahl als die hellste Stelle des Fluorescenzlichtes;

außer diesem Absorptionsstreifen findet noch eine schwächere Absorption statt, welche sich über den ganzen hinter ihm gelegenen brechbareren Theil des Spectrums bis ins Ultraviolett erstreckt, der Theorie nach als indirecte Absorption durch die nächst, tiefere Octave zu betrachten;

projicirt man das Sonnenspectrum auf die Oberfläche der Substanz, so geht die Fluorescenz vom Beginn der Absorption an über den brechbareren Theil des Spectrums bis ins Ultraviolett, und in diesem fluorescirenden Spectrum entspricht jedem Maximum der Absorption ein Maximum der Fluorescenz, das um so intensiver ist, je energischer die zugehörige Absorption ist;

abgesehen von leichten Aenderungen der Nüance ist das fluorescirende Spectrum überall gleichfarbig.

Während die Zusammensetzung des Fluorescenzlichtes erster

Art nur von der Natur des fluorescirenden Körpers, nicht aber von der Schwingungszahl des erregenden Lichtes abhängt, giebt es eine Fluorescenz zweiter Art, welche durch indirecte Absorption erregt wird und bei welcher die Farbenmischung auch von der Schwingungszahl des erregenden Lichtes bedingt ist. Diese Art der Fluorescenz findet sich rein bei nachstehenden Körpern:

	Beginn der Fluorescenz im Spectrum	Spectrum des Fluorescenzlichtes
Thiomelansäure	31	30—117
Sandarak	34	25—132
Kienrußauszug mit Schwefelkohlenstoff	37	33—112
desgl. mit Terpentinöl . .	49	34—120
desgl. mit Aether	52	35—123
Phosphorsäureäther des Thymols . .	53	25—155
Sulfoanthracensäure	63	30—140
Diphenilamin	65	36—113
Malzzucker	68	29—120
Curcumatinctur	69	32—93
Quassiatinctur	71	34—135
Stechapfelsamenauszug	79	34—121
Morin-Thonerde-Lösung	85	37—106
Sandelholzauszug mit Soda . . .	85	29—120
Guajak	86	33—150
Salpetersaures Uran	87	31—97
Farbloses Glas	89	30—130
Anthracen, alkohol. Lösung	90	31—160
Schwefelsaures Chinin	109	32—140
Petroleum	110	33—149
Fraxin	115	32—128
Aesculin	116	35—135
Sulfochloranthracensäure	136	32—150
Bichloranthracen	141	35—158
Flußspath	142	32—148

Die charakteristischen Merkmale dieser Art der Fluorescenz sind folgende:

das Fluorescenzlicht zweiter Art ist stets von geringerer Brechbarkeit als das erregende homogene Licht (früher als „Stokes'sche Regel" für jede Art Fluorescenz als gültig betrachtet);

die hierher gehörigen fluorescirenden Substanzen zeigen alle nur eine einseitige Absorption des brechbareren Endes des Spectrums; die etwa vorhandeuen Absorptionsstreifen erscheinen als breite verwaschene Banden, sogenannte „Schatten", welche bei wachsender Verdünnung bald verschwinden; so starke Absorptionsstreifen wie bei den Körpern erster Klasse kommen überhaupt nicht vor;

jedem Maximum der Absorption entspricht auch hier im fluorescirenden Spectrum ein Maximum der Fluorescenz;

das fluorescirende Spectrum ist ungleichfarbig; das Fluorescenzlicht wird reicher an brechbaren Strahlen, wenn man im fluorescirenden Spectrum vom Beginn gegen das brechbarere Ende hin geht.

Beide Arten der Fluorescenz hat Lommel früher mit Benutzung akustischer Begriffe als „Fluorescenz durch Resonanz" und „Fluorescenz durch Differenztöne" (Combinationstöne) bezeichnet.

Es giebt aber auch Körper, welche eine aus beiden Arten zusammengesetzte Fluorescenz zeigen. Bei ihnen besteht das fluorescirende Spectrum aus zwei Theilen, von denen der erste der Stokes'schen Regel nicht folgt und in seiner ganzen Ausdehnung gleichfarbig ist, während der andere, der Stokesschen Regel unterworfene, eine allmähliche Farbenänderung zeigt; an der Grenze beider Theile findet gewöhnlich ein fast plötzlicher Farbenwechsel statt. Alle Körper dieser Klasse besitzen einen starken Absorptionsstreifen und sind daher wie die erster Klasse stets lebhaft gefärbt. Im Allgemeinen verhalten sich diese Körper ganz wie Mischungen aus einer Substanz erster und einer zweiter Klasse. Aber auch wenn man nachweisen könnte, daß alle hierher gehörigen Körper thatsächlich solche Mischungen sind, „und sonach vom Standpunkte der Erfahrung aus die dritte Klasse entbehrlich würde, so müßte dieselbe vom Standpunkte der Theorie aus dennoch offen gehalten werden, da theoretisch die Möglichkeit bestehen bliebe, daß ein chemisch einheitliches Molekül beide Arten von Fluorescenz zugleich besäße."

Bis jetzt kennt man als zu dieser Klasse gehörig nur folgende Körper:

	Beginn der Fluorescenz im Spectrum	Spectrum des Fluorescenzlichtes	Maximum des Fluorescenzlichtes	Maximum der Absorption
Chamäleïngrün	28	**28—42**, 49—165	37	39
Chamäleïnblau	35	23—45, **45—60**, 60—150	54	58
Orseille . .	38	**30—54**, 54—83	44	52
Chamäliinroth	40	**30—58**, 63—120	54	57
Lakmus . .	44	**32—55**, 55—79	47	50
Fluoranilin .	46	**30—64**, 64—110		

Durch die fettgedruckten Zahlen wird die Grenze desjenigen Spectrumtheiles angegeben, welcher der Stokes'schen Regel nicht gehorcht.

Außerdem ist noch die von Lallemand sogenannte isochromatische Fluorescenz zu erwähnen. In einer der Lommel'schen Formeln tritt nämlich ein Glied auf, welches zeigt, daß ein Körperatom auch noch homogenes, mit dem einfallenden homogenen Lichte gleichfarbiges Licht ausstrahlt, dessen Intensität der Absorptionsgröße proportional ist. Dieses Licht ist von Lallemand an allen von ihm untersuchten Körpern mit Ausnahme von Steinsalz und Bergkrystall nachgewiesen worden. Bei Erregung der Fluorescenz durch homogenes Licht stört dasselbe nicht; erregt man aber mit weißem Sonnenlicht, so liefert das isochromatische Fluorescenzlicht ein continuirliches Spectrum mit den Fraunhofer'schen Linien.

Während jeder fluorescirende Körper ein absorbirender ist, zeigt umgekehrt nicht jeder Körper eine sichtbare und nicht isochromatische Fluorescenz. Dies ist nämlich nicht der Fall

„bei directer Absorption, wenn das Fluorescenzspectrum in das ultraviolette Gebiet fällt, und

bei indirecter Absorption, wenn keine Schwingungen vorhanden sind, welche tief genug wären, um mit den erregenden Strahlen sichtbare Differenztöne zu geben."

Die weitere Verfolgung des Gedankens, welcher diesen Entwickelungen zu Grunde liegt, daß nämlich die Körpertheilchen durch einen periodischen Impuls, welchen sie von der in dem umgebenden Mittel fortgepflanzten Welle empfangen, in Bewegung gesetzt werden, hat später Lommel in den Stand gesetzt, „Absorption, Fluorescenz, Brechung, normale und ano=

male Dispersion, Oberflächenfarbe und Dichroismus in ihrem Zusammenhange durch **eine** einheitliche Theorie zu umfassen.

Die Vorstellung, von welcher er in seiner **Theorie der normalen und anomalen Dispersion**[1]) ausgeht, besteht darin, daß Aether- und Körpertheilchen durch Reibung aufeinander wirken, wobei der die Zwischenräume der Molekeln erfüllende Aether als mit dem freien Aether identisch gedacht wird. Dabei denkt er sich die Schwingungen der Körper- und Aetheratome in einer gewissen Richtung, die Fortpflanzung der ebenen Aetherwellen in einer darauf senkrechten Richtung; ferner nimmt er an, daß die gemeinsame Gleichgewichtslage, nach welcher Körper- und Aethertheilchen durch die elastischen Kräfte hingezogen werden, ihren Ort im Raume unverrückt bewahre, sowie endlich daß die Wechselwirkung zwischen den Körper- und Aetheratomen nach dem Newton'schen Reibungsgesetze erfolge, d. h. dem Unterschiede der Geschwindigkeiten proportional sei.

Aus diesen Grundlagen entwickelt nun Lommel für den Brechungs-Exponenten n eines Körpers, der nur aus Molekeln einer und derselben Art besteht und nur einen einzigen, durch directe Absorption entstandenen Absorptionsstreifen besitzt, die Formel

$$n^2 = \frac{1}{2}(\sqrt{P^2 + Q^2} + P).$$

Hier sind P und Q Größen, welche wesentlich abhängen von dem Werthe z des Quotienten, der sich ergiebt, wenn man die Wellenlänge λ_0 derjenigen Schwingung, für welche die molekulare Absorptionsgröße ihr Maximum erreicht (entsprechend der Stelle im Spectrum, welche der Absorptionsstreif bei sehr großer Verdünnung der absorbirenden Substanz einnimmt), dividirt durch die Wellenlänge λ der fortgepflanzten Welle. Die Abhängigkeit zwischen n^2 und z, wie sie durch Lommels Formeln festgestellt ist, zeigt die Curve in Fig. 18, in welcher die Werthe von z die Ab-

Fig. 18.



1) Ann. der Physik u. Chemie. N. F. Bd. 3, S. 339. Vergl. über diesen Gegenstand: **Ketteler**, Versuch einer Theorie der Dispersion. Bonn, 1876.

scissen, die zugehörigen Werthe von n^2 die Ordinaten bilden. Für z kleiner als 1 (λ_0 kleiner als λ) ist hiernach n^2 größer als die Einheit, und zwar ist die Ordinatenachse ($z = 0$) Asymptote der Curve; diese fällt dann bis zu einem ersten Minimum a (oberhalb $n^2 = 1$) und erhebt sich alsdann zum ersten Maximum b, das noch unterhalb $z = 1$ liegt. Von diesem aus fällt die Curve steil ab, geht ein Wenig oberhalb $z = 1$ ($\lambda_0 = \lambda$) durch den Werth $n^2 = 1$ und erreicht ihr zweites Minimum c, von dem sie wieder langsam aufsteigt, sich noch über $n^2 = 1$ erhebt und ein zweites Maximum d bildet, um von diesem aus sich asymptotisch dem Niveau $n^2 = 1$ zu nähern.

Aus diesem Verlaufe der Curve erklärt nun Lommel alle Erscheinungen der Brechung und Zurückwerfung bei Körpern von der vorausgesetzten molekularen Beschaffenheit. Zu dem Zwecke theilt er die Curve in drei Theile: den beständig steigenden Theil von a bis b, den das Absorptionsgebiet umfassenden, steil abfallenden, von b bis c, und den von c über d weiter verlaufenden.

„Liegt der Absorptionsstreif (das Maximum der molekularen Absorption, $z = 1$) innerhalb des sichtbaren Spectrums, so nimmt der Brechungscoëfficient vor dem Absorptionsstreifen mit wachsender Schwingungszahl bis zu einem Maximum zu, fällt innerhalb des Absorptionsgebietes rasch zu einem Minimum herab, um dann, anfangs rascher, später langsamer, wieder anzusteigen. Der betreffende Körper zeigt demnach anomale Dispersion. Hinter dem Absorptionsstreifen ist der Brechungscoëfficient auf eine gewisse Strecke kleiner als 1; die Strahlen, welche dieser Strecke angehören, pflanzen sich also innerhalb der Substanz mit größerer Geschwindigkeit fort, als im leeren Raume und in der Luft, und erleiden daher, aus der Luft auf die Oberfläche der Substanz fallend, jeder von einem gewissen Grenzwinkel ab, totale Reflexion. Diese total reflectirten Strahlen bilden die Oberflächenfarbe, deren eigenthümliche Polarisationsverhältnisse hierdurch ebenfalls ihre Erklärung finden."

Die Metalle betrachtet Lommel als Körper, „für welche das sichtbare Spectrum in die dritte Abtheilung unserer Curve, der maßgebende Absorptionsstreif sonach in das ultrarothe Ge-

biet des Spectrums zu liegen kommt. Bei manchen derselben dürfte vielleicht das ganze sichtbare Spectrum demjenigen Theile der Curve angehören, welcher unter dem Niveau 1 bleibt. In einem solchen Körper würde sich das Licht schneller fortpflanzen als in der Luft, und die sogenannte Metallreflexion wäre ebenfalls als eine Art totaler Reflexion anzusehen. Hiermit stimmt überein, daß Quincke die Brechungscoëfficienten einiger Metalle (Silber und Gold) in der That kleiner als 1 gefunden hat."

„Bei den Körpern endlich, welche die gewöhnliche Dispersion zeigen, fällt das ganze sichtbare Spectrum entweder in die erste Abtheilung unserer Curve (Absorptionsstreif im Ultraviolett), oder in diejenige Partie der dritten Abtheilung, welche über dem Niveau 1 ansteigt (Absorptionsstreif im Ultraroth), oder — und dies ist der allgemeinere Fall, der wohl am häufigsten eintritt — es gehört gewissermaßen beiden Abtheilungen zugleich an (Absorptionsstreifen sowohl im Ultraviolett als im Ultraroth)." Die Formel für n^2 gilt nämlich nur unter der Voraussetzung eines einzigen Absorptionsstreifens; „sind mehrere solche vorhanden, so werden in der Curve n^2 mehrere Absorptionsgebiete mit je einem absteigenden Curvenstück und zwischen je zwei benachbarten Absorptionsgebieten ein aufsteigendes Curvenstück vorhanden sein, dessen über dem Niveau 1 gelegener Theil der normalen Dispersion entspricht." Uebrigens zeigt Lommel noch an einem numerischen Beispiele, daß die fragliche Formel mit der Erfahrung noch genauer übereinstimmt, als die Cauchy'sche Formel für n^2.

Nach der Behandlung der Erscheinungen an Körpern, welche aus einerlei Art von Molekeln bestehen (also z. B. für das Cyanin in festem Zustande) betrachtet Lommel auch noch kurz das Verhalten von Lösungen und Mischungen. Die Formel für n^2 behält dann ihre frühere Form, nur sind P und Q aus den entsprechenden Größen für die verschiedenen, in der Mischung oder Lösung enthaltenen Substanzen zusammengesetzt; auch hier ist die numerische Uebereinstimmung mit den Beobachtungen Kundt's an Cyaninlösungen sehr befriedigend.

Uebrigens findet Lommel, daß bei der Lösung eines Stoffes, der für sich allein anomale Dispersion zeigt, in einem normal dispergirenden Lösungsmittel der Brechungscoëfficient nur bei

starker Concentration kleiner als 1 werden kann. Lösungen von Substanzen, welche im festen Zustande mit Oberflächenfarben ausgestattet sind, zeigen daher bei gewöhnlichen Concentrationsgraden keine Oberflächenfarbe; nur stark concentrirte Lösungen sind einer solchen fähig, zeigen dieselbe aber erst bei größeren Einfallswinkeln als die feste Substanz. Farbige Gläser (Kupferoxydulglas, Kobaltglas 2c.) sind als wenig concentrirte Mischungen stark absorbirender Silicate mit farblosem Glasfluß zu betrachten, und zeigen daher keine Oberflächenfarbe. Dagegen zeigt die Lösung eines Stoffes, der innerhalb des sichtbaren Spectrums einen durch directe Absorption entstandenen dunkeln Streifen besitzt, stets anomale Dispersion."

Auch die Theorie der Doppelbrechung läßt sich nach Lommel aus denselben Prämissen ableiten,[1]) „und zwar in einfacherer und weit umfassenderer Weise, als aus den bisherigen Theorien."

Weil die Atome einer Molekel gegeneinander verschiebbar sind, so ist eine solche als ein kleiner elastischer Körper mit drei aufeinander senkrechten Hauptelasticitätsachsen zu betrachten; sind nun die Elasticitätsachsen in sämmtlichen, als gleichartig vorausgesetzten, Molekeln parallel, so ist der Körper krystallisirt.

Lommel untersucht nun mit Hilfe der Bewegungsgleichungen der Körper- und Aethertheilchen, „ob eine Fortpflanzung einfach pendelartiger Schwingungen in ebenen Wellen und ohne Verdichtungen und Verdünnungen" in dem mit den Körpermolekeln in Wechselwirkung stehenden Aether stattfinden könne. Zunächst zeigt sich,

daß wenn keine Verdichtungen und Verdünnungen stattfinden sollen, „die Schwingungen nur parallel zur Wellenebene, also transversal, erfolgen können", und weiterhin ergiebt sich,

daß zu jeder gegebenen Wellenebene zwei bestimmte Schwingungsrichtungen gehören, welche parallel sind zu den Achsen des Diametralschnittes einer gewissen centrischen Fläche zweiter Ordnung A mit einer zur Welle parallelen Ebene. Diese Fläche A, deren Natur wesentlich abhängt von der Lage der Absorptionsstreifen im Spectrum, nennt Lommel die Absorptionsfläche.

---

1) Ann. der Physik u. Chemie. N. F. Bd. 4, S. 55.

Zu jeder der beiden Oscillationsrichtungen gehört nun eine eigene Wellengeschwindigkeit c und ein eigener Absorptions-coëfficient K, für welche Größen Lommel die Formeln findet:

$$\frac{1}{c^2} = \frac{1}{2V^2}(\sqrt{P^2+Q^2}+P)$$

$$\frac{K^2}{q^2} = \frac{1}{2V^2}(\sqrt{P^2+Q^2}-P).$$

Hier bedeutet V die Fortpflanzungsgeschwindigkeit im leeren Raume und q die mit $2\pi = 6{,}2832$ multiplicirte Schwingungszahl der Welle, P und Q aber hängen in einer von Lommel näher angegebenen Weise von der zugehörigen Achse des Diametralschnittes ab.

Bei farblosen durchsichtigen Körpern ist nun der Coëfficient K für sämmtliche Strahlen des sichtbaren Spectrums sehr klein, folglich auch Q sehr klein, und wenn man diese Größe vernachlässigt, so erhält man

$$\frac{1}{c^2} = P.$$

Hieraus leitet Lommel weiter den Satz ab, daß $cr = 1$ ist, wenn r den Radius Vector einer centrischen krummen Fläche bedeutet, deren Gleichung, bezogen auf die drei Hauptelasticitätsachsen lautet

$$(x^2+y^2+z^2-1)\left(\frac{x^2}{\alpha}+\frac{y^2}{\beta}+\frac{z^2}{\gamma}\right) = x^2+y^2+z^2,$$

wobei α, β, γ die um die Einheit verminderten Quadrate der Brechungsverhältnisse der den Coordinatenachsen parallelen Strahlen bedeuten. Dies giebt ihm den Satz:

„In einem farblos durchsichtigen Krystall pflanzen sich in einer gegebenen Richtung im Allgemeinen zweierlei ebene Wellen fort, deren Schwingungen in die Wellenebene fallen und aufeinander senkrecht stehen. Man erhält die Richtung dieser beiden Gruppen von Schwingungen, wenn man durch den Mittelpunkt der Fläche B eine zur gegebenen Wellennormale senkrechte Ebene legt, welche die Fläche B längs einer mit zwei zu einander senkrechten Achsen begabten Curve schneidet. Die Schwingungen sind den Achsen dieses Diametralschnittes parallel, und die reciproken Werthe der halben Achsen geben die Geschwindigkeiten an, mit welchen sich die zugehörigen Schwingungen fortpflanzen."

Die Fläche B spielt in der Lommel'chen Theorie dieselbe Rolle, wie bei Fresnel das Ellipsoid E, dessen Halbachsen die drei Hauptbrechungsverhältnisse sind. „Auch die Wellenfläche, welche der Fläche B entspricht, stimmt mit der aus dem Ellipsoid E hergeleiteten Fresnel'schen Wellenfläche sehr nahe überein; sie hat mit ihr nicht nur die zwölf Scheitel, sondern auch die in den Coordinatenebenen gelegenen Kreisschnitte gemein; sie ist namentlich auch durch jene Singularitäten ausgezeichnet, welche die innere und äußere konische Refraction bedingen, jedoch sind die Winkel der optischen Achsen von denjenigen bei der Fresnel'schen Wellenfläche ein wenig verschieden."

Diese Untersuchungen Lommels enthalten die Umrisse einer neuen Theorie des Lichtes, die man als die Reibungstheorie bezeichnen könnte, da sie die Erscheinungen aus der Wechselwirkung des Aethers und der Körpertheilchen erklärt. Es zeigt sich, daß durch Mitberücksichtigung der Bewegung der Körpertheilchen die Theorie nicht complicirt, sondern vielmehr vereinfacht wird. Namentlich verschwinden aus der Theorie der Doppelbrechung eine Reihe von Schwierigkeiten, welche in den älteren Theorien durch die Annahme eines Aethers von besonderer Constitution in den krystallirten Körpern entsprangen. Nach der Lommel'schen Theorie, welche die Beschaffenheit des incompressibel gedachten Aethers innerhalb und außerhalb der Körper als völlig gleich voraussetzt, sind bei einachsigen Krystallen die Schwingungen des gewöhnlich gebrochenen Strahles senkrecht zum Hauptschnitt, also senkrecht zur Polarisationsebene, während sonst diese Schwingungen entweder senkrecht oder parallel zur Polarisationsebene angenommen werden müssen, je nachdem man über die Constitution des intermolekularen Aethers Fresnel's oder Neumann's Hypothese annimmt.

Spectralanalyse.

Wir beginnen diesen Abschnitt mit der Skizzirung einer neuen von Prof. Eilhard Wiedemann in Leipzig aufgestellten Theorie der Spectralerscheinungen, welche sich auf die kinetische Theorie der Gase stützt.[1])

Nach dieser Theorie bewegen sich die einzelnen Gasmo-

1) Ann. der Physik u. Chemie. N. F. Bd. 5, S. 500.

lekeln lebhaft durcheinander. Zwischen ihnen wirken, wie Stefan und Van der Waals aus den Versuchen von Joule und Thomson geschlossen haben, anziehende Kräfte in Entfernungen, die groß sind im Verhältniß zum Abstand der Molekeln, wogegen die Molekeln in sehr kleinen Abständen einander abstoßen, wahrscheinlich eine Folge der sie umgebenden Aetherhüllen. Die außerdem noch auftretenden Rotationen und Oscillationen der Atome in den Molekeln führen bei hinlänglicher Steigerung der Temperatur zum Zerfallen der Molekeln in ihre Atome. Die letzteren Bewegungen sind übrigens periodisch und rufen auch im umgebenden Lichtäther periodische Schwingungen hervor.

Aus diesen Grundvorstellungen sucht nun Wiedemann zunächst die Linienspectra zu erklären. Er nimmt ein verdünntes Gas in möglichst hoch erhitztem Zustande an, sodaß die Molekeln in ihre Atome zerfallen sind. Beim Zusammenstoße derselben treten nur oscillatorische Bewegungen auf, da in einatomigen Molekeln die lebendige Kraft der Rotationsbewegungen Null ist, wie die theoretischen Betrachtungen von Maxwell, Watson und Boltzmann, sowie die Versuche von Kundt und Warburg über die specifische Wärme des Quecksilberdampfes (vergl. dieses Jahrb. XII, S. 211) dargethan haben. Die Spectra bestehen aus einzelnen Lichtlinien, jedenfalls veranlaßt durch die oscillatorischen Bewegungen der Atome, da sie auch bei den einatomigen Dämpfen des Quecksilbers und Kadmiums auftreten.

Ist das Gas so verdünnt, daß die zwischen zwei Zusammenstößen verstreichende Zeit sehr groß ist gegenüber derjenigen, in welcher sich die Theilchen in ihren gegenseitigen Wirkungssphären befinden, so wird schon bei kleinen Amplituden der einzelnen Aethertheilchen eine beschränkte Zahl von Strahlen verschiedener Schwingungsdauer ausgesandt, deren Wellenlänge von der speciellen Anordnung des Aethers abhängt. Bei Vergrößerung der Elongationen, etwa in Folge einer Steigerung der Temperatur, treten zu diesen Grundschwingungen gewisse harmonische Schwingungen hinzu. Daß wirklich eine große Zahl einzelner Linien sich auf harmonische Schwingungen einer Grundschwingung zurückführen läßt, haben Lecoq de Boisbaudran, Stoney, Soret u. A. nach-

gewiesen. Bei Steigerung der Amplitude muß vor allem die Intensität der höheren harmonischen Schwingungen wachsen, denen die brechbareren Strahlen entsprechen, und in der That hat Lecoq de Boisbaudran gefunden, „daß beim Stickstoffspectrum die blauen, der doppelten Octave bestimmter Schwingungen entsprechenden Streifen bei höherer Temperatur, die rothen und gelben als Quinte derselben Schwingungen bei niederer Temperatur auftreten. Aehnlich zeigt Chlorlithium in der Flamme des Bunsen'schen Brenners eine sehr helle rothe und eine sehr schwache orange Linie; vor dem Löthrohr nimmt letztere weit stärker an Helligkeit zu, ohne jedoch die der ersteren zu erreichen; läßt man dagegen den Inductionsfunken auf eine Chlorlithiumlösung schlagen, so ist die orange Linie weit heller als die rothe, und die blaue Lithiumlinie wird sehr hell." Auch lassen sich noch weitere Beispiele in reicher Zahl anführen.

F. Lippich und Pfaundler haben ferner theoretisch gezeigt, wie eine Verbreiterung der Linien dadurch eintreten kann, daß die Gasmolekeln eine große Geschwindigkeit in der Richtung zum Beobachter hin oder in der entgegengesetzten haben. Noch mehr aber erfolgt eine solche Verbreiterung, wie Versuche von Wüllner, G. Ciamician u. A. bestätigt haben, durch Erhöhung des Druckes, weil dann die schwingenden Aethertheilchen nur kurze Zeit sich ungestört bewegen, da sie sich meist innerhalb der Wirkungssphäre der andern befinden.

Wiedemann betrachtet hierauf die Interferenzen bei großen Gangunterschieden. Zunächst bestimmt er die Zeit, in welcher eine ungestörte Bewegung der einzelnen hin und herfliegenden Atome des Aethers stattfindet, mit Hilfe der Messungen über höhere Interferenzen, welche Fizeau und Foucault, sowie später J. J. Müller ausgeführt haben. Da beim Natriumlicht Interferenzen, welche einem Gangunterschiede von 50,000 Wellenlängen entsprechen, nicht mehr, beim Wasserstoff aber solche von 20,000 noch sehr gut sichtbar waren, so ergiebt sich diese Zeit für das Natriumlicht (500 Billionen Schwingungen in der Secunde) zu einer 10,000 Milliontel Secunde; die Zeit zwischen zwei Zusammenstößen der Wasserstoffmolekeln (mittlere Weglänge bei 0^0 $L = 194 . 10^{-7}$ Centim., mittlere Geschwindigkeit $c = 1698$ Meter), ist aber 1,14 solcher Theile, welche zwei Zahlen gut übereinstimmen. Daher er-

scheint die Annahme zulässig, daß die Aethertheilchen an dem Natriumatome durchschnittlich bis zu 50,000 Schwingungen ungestört vollenden können.

Wiedemann setzt dann auseinander, auf welche Weise man die Messung hoher Interferenzen benutzen kann, um die Amplitude der Aetherschwingungen und damit die Dichte des Aethers zu bestimmen; indessen genügen die bisher vorliegenden Daten noch nicht zur Durchführung der numerischen Rechnungen.

Da die Linienspectra chemisch ähnlicher Elemente, wie Kalium, Natrium, Calcium, Rubidium dieselben Liniengruppen, nur an verschiedenen Stellen des Spectrums zeigen, wie hauptsächlich Lecoq de Boisbaudran hervorgehoben hat, so müssen „die Configurationen der die Körperatome umgebenden Hüllen oder die auf diese wirkenden Kräfte ähnlich sein. Eine Verschiebung der einander entsprechenden Linien in den betreffenden Spectren vom Roth nach dem Violet deutet eine Zunahme der Anziehungskraft der Atome auf die sie umgebenden Aetherhüllen an."

In niederen Temperaturen treten bei einfachen Gasen sogenannte Bandenspectra auf, denen analog die Spectra der Verbindungen zusammengesetzt sind. Sie bestehen aus breiten Lichtbanden, die bei genauerer Untersuchung sich meist aus hellen und dunkeln Linien gebildet zeigen; so beim Stickstoff und der Kohlensäure, sowie nach Wiedemann bei den Haloidverbindungen der Alkalimetalle und neueren Untersuchungen von Pierce zufolge auch bei denen des Quecksilbers. Wiedemann hält es für unwahrscheinlich, daß diese Spectra den Rotationen der Molekeln zuzuschreiben sind. Bei Versuchen, welche er anstellte, wurde Stickstoff durch den Inductionsfunken auf 4,000° und 20,000° erhitzt, ohne daß eine Aenderung der Lage der Bandenspectra eintrat. Wenn aber die Bandenspectren durch rotatorische Bewegungen entstehen und das bei gesteigerter Temperatur von den Gasen ausgesandte Licht stets aus Strahlen von derselben Wellenlänge bestehen soll, so muß der Molekulardurchmesser proportional der absoluten Geschwindigkeit oder proportional der Quadratwurzel aus der absoluten Temperatur wachsen, da nur dann die Rotationszahl ungeändert bleiben kann. Träte die Zunahme des Durchmessers mit wachsender Temperatur schneller oder langsamer ein, als die Zunahme der

Rotationsgeschwindigkeit, so müßte eine Verschiebung der Linien nach dem Roth oder Violet hin eintreten. Eine solche aber ist nie beobachtet worden.

Wiedemann nimmt daher an, daß die Bandenspectra der Elemente und die analog zusammengesetzten Spectren der Verbindungen durch die Schwingungen der Atome in der Molekel oder der Aetherhüllen in derselben hervorgerufen werden. Daß die Lage und Gruppirung der Linien in den Spectren der unzersetzten Verbindungen eine wesentlich andere ist als in den Bandenspectren der sie zusammensetzenden Elemente, darf nicht befremden, denn es sind ja die Kräfte, welche die Schwingungen des Aethers bedingen, von ganz anderer Art in jenen als in diesen. „Sobald aber die Gruppirung der Atome in den Verbindungen eine ähnliche ist wie in den Molekülen der sie zusammensetzenden Elemente, so wird auch der Habitus der von beiden gegebenen Spectren derselbe sein, wenn auch nicht die einzelnen Linien in ihnen zusammenfallen; so ist es bei den Absorptionsspectren des Joddampfes, des Bromdampfes und des von Roscoe und Thorpe näher untersuchten Jodmonochloriddampfes.

Daß die Bandenspectren den vereinten, die Linienspectren aber den bei höheren Temperaturen isolirten Atomen angehören, läßt sich durch die Bemerkung stützen, daß erstere bei Körpern, welche chemischen Einwirkungen schwieriger unterworfen sind, unter gleichen Umständen leichter eintreten, als bei weniger stabilen Körpern. So zeigt beim Durchgange von elektrischen Entladungen der stabilere Stickstoff das Bandenspectrum, Wasserstoff aber bei gleicher Temperatur das Linienspectrum; und ebenso zeigen Chlor, Brom und Jod, deren große Reactionsfähigkeit darauf hinweist, daß ihre Atome leicht zerfallen, fast stets Linienspectra. Auch ist damit im Einklange die Beobachtung Wüllner's, daß, als bei einem bestimmten Drucke Entladungen durch Gase gingen, bald Linien-, bald Bandenspectra auftraten, je nach dem die Ausgleichung der Elektricitäten als Büschellicht oder als Funken, dessen Temperatur eine weit höhere ist, erfolgte.

Die Erklärung der Verschiedenheit zwischen den Banden- und Linienspectren durch bloße Druck- oder ihnen gleichwerthige Dickenänderungen der leuchtenden Gasschicht dürfte sich den Ver-

suchen Lockyer's gegenüber nicht mehr aufrecht erhalten lassen. Derselbe brachte in eine 5 Fuß lange Glasröhre, durch welche ein langsamer Wasserstoffstrom ging, einige Stückchen Natrium, erhitzte das Rohr zur Rothgluth und ließ das Licht einer elektrischen Lampe der Länge nach durch gehen, das dann mit dem Spectroskop untersucht wurde. Die Natrium-Doppellinie erschien dunkel, aber nicht dicker als in einem kurzen Rohr unter den gleichen Bedingungen und weit dünner, als wenn die Dichte des Natriums nur wenig vergrößert wurde. Dickenänderungen und Dichtenänderungen dürfen also nicht parallel gestellt werden. Weitere Versuche von Lockyer, Schuster u. A. lehren auch, daß Natrium- und andere Metalldämpfe bei verschiedenen Temperaturen verschiedene Absorptionsspectra besitzen, ohne daß die Dicke der absorbirenden Schicht innerhalb weiter Grenzen schwankte. Hieraus erklären sich wohl auch neuere Versuche von Liveing und Dewar, welche in einem verticalen, unten zum Weißglühen erhitzten Rohre Natrium verdampften, dann von oben ein Rohr mit Wasserstoff in verschiedene Tiefen einführten und Aenderungen des Spectrums beobachteten; es wurde so einmal die Dicke der durchstrahlten Schicht geändert, anderntheils erhielten bei tieferem Einsenken des Rohres die äußersten absorbirenden Schichten eine weit höhere Temperatur als bei weniger tiefem.

Ferner betrachtet Wiedemann die Spectra fester und flüssiger Körper. Bei Verdichtung der Gase zu solchen Körpern erfolgen die Schwingungen in den einzelnen Molekeln fast nie mehr ungestört, und es treten in den Absorptionsspectren nur in einzelnen Fällen scharfe Absorptionsstreifen auf, nämlich bei den Uran- und Didymsalzen sowie den Substanzen, welche analog dem Chromoxydkaliumoxalat zusammengesetzt sind. Letzteres zeigt im Absorptionsspectrum neben einer breiten Bande im Orange und Gelb eine scharfe schwarze Linie im Roth. Die Absorption einzelner Strahlen oder Strahlengruppen entspricht Schwingungen der Atome, welche die Molekeln oder ihre nähern Bestandtheile zusammensetzen. Tritt also eine Atomgruppe in verschiedene Verbindungen ein, so ruft sie im Allgemeinen das ihr entsprechende Absorptionsspectrum hervor, welches indessen durch die Gegenwart anderer mit in der Molekel auftretender Atome wesentlich modificirt werden kann. Es zeigen beispiels-

weise die Didymsalze im Ganzen dasselbe Absorptionsspectrum, die einzelnen Linien sind aber je nach der Natur der Säure bald nach dem Violet, bald nach dem Roth hin etwas verschoben. Wiedemann nimmt zur Erklärung an, daß von der Säure auf die Atome des absorbirenden Theiles eine Anziehung geübt wird, aber nicht auf alle gleichmäßig. Dies ist aber nicht immer der Fall; denn nach Beobachtungen von Pierce behält bei Chromoxydkalium-, natrium-, lithium-, silberoxalat der scharfe Streif im Roth immer dieselbe Lage; es scheint also die Einwirkung dieser Metalle auf die absorbirende Metallgruppe unmerklich zu sein.

In ähnlicher Weise sucht Wiedemann auch den Pleochroismus zu erklären: die Schwingungen, die in den Molekeln stattfinden, welche sich in ganz bestimmter Weise zu Krystallen zusammenlagern, werden in ganz verschiedener Weise von den Nachbarmolekeln beeinflußt, je nach der Richtung, in der sie erfolgen; oder es besitzen auch in den so geordneten Molekeln die nach verschiedenen Richtungen erfolgenden Bewegungen von vornherein verschiedene Grundschwingungen.

Auch die Verschiebung, welche die Absorptionsstreifen mancher Stoffe in Lösungen erfahren, möchte Wiedemann, wenigstens theilweise, auf chemische Einflüsse zurückführen, „vor allem bei den organischen Farbstoffen, deren so schnell eintretende Zersetzungen in Lösungen den chemischen Einfluß des Lösungsmittels anzeigen.“ Der Einfluß der Dispersion des Lösungsmittels dürfte zurücktreten, da z. B. Lösungen des Chromoxydkaliumoxalates in Glycerin und in Wasser, trotz der verschiedenen Dispersion dieser Körper, den Absorptionsstreifen an derselben Stelle zeigen.

Diese Anschauungen hat nun Wiedemann an der Hand des Experimentes zu prüfen unternommen. Zur Erzeugung hoher Temperaturen, wie sie zum Hervorrufen von Gasspectren nöthig sind, bediente er sich des elektrischen Funkens, als des bequemsten Hilfsmittels. Die Temperaturen wurden genau ermittelt. Um zunächst festzustellen, ob der Funke die Lichtphänomene allein durch eine Temperaturerhöhung hervorruft, wurden Entladungen in Gemischen von Quecksilber- und Natriumdampf mit verschiedenen Gasen vorgenommen.

In ein Geißler'sches, mit Wasserstoff gefülltes Rohr wurde

etwas Quecksilber eingeschmolzen und das Gas in einem Luftbade erhitzt, während zugleich der Strom eines Inductionsapparates hindurchging. Während man bei gewöhnlicher Temperatur das Wasserstoffspectrum erhielt, traten beim Erwärmen die Quecksilberlinien hinzu; dieselben wurden bei steigender Temperatur heller und heller, während gleichzeitig die Wasserstofflinien verschwanden, sowohl im weiteren Theile des Rohres als an den Elektroden. Die Phänomene blieben im wesentlichen dieselben bei verschiedener Form der Röhren und der Platinelektroden, beim Durchgange des Stromes eines Ruhmkorff'schen Inductionsapparates mittler Größe oder der Entladungsfunken einer Holtz'schen Elektrisirmaschine: die dem Wasserstoffe entsprechenden Linien verschwanden schon zwischen 100⁰ und 200⁰, am positiven Pole früher als am negativen; Stickstoff verhielt sich ganz ähnlich. Auch bei Anwendung von Natrium statt des Quecksilbers traten analoge Erscheinungen ein: bei Temperaturen, in denen das Glas anfing weich zu werden, blieben nur noch die gelben, grünen und blauen Doppellinien des Natriums sichtbar, nicht mehr die des Wasser- oder Stickstoffes.

Nach Abweisung verschiedener anderer Erklärungsversuche kommt Wiedemann zu der Ansicht, daß wahrscheinlich dem Quecksilber ein Verhalten gegenüber der Elektricität zugeschrieben werden muß, das von dem des Wasserstoffs und Stickstoffs abweicht. „Wir können annehmen, daß an den Entladungen die Quecksilbermoleküle allein theilnehmen, oder daß diese sich in überwiegendem Maße mit Elektricität laden. In dem mit Wasserstoff gemischten Quecksilberdampf würde die Entladung vielleicht in der Weise vor sich gehen, daß an den Elektroden eine Anhäufung von Elektricität eintritt und diese sich auf die Moleküle des umgebenden Gases vertheilt. Es werden aber die Moleküle des Quecksilbers sich stärker laden als die des Wasserstoffs, und durch jene wird hauptsächlich die Entladung vermittelt werden, indem sie bei ihrem Zusammentreffen mit anderen Quecksilber- und Wasserstoffmolekeln auch wieder vorzüglich an die ersteren die Elektricität abgeben. Der Uebergang der Elektricität bedingt aber die Lichterscheinungen, daher treten nur Quecksilberlinien auf.“ Aus dem ungleichen Verhalten der Elektroden kann man ferner den Schluß ziehen, daß das Queck-

silber sich leichter mit der positiven Elektricität ladet, als mit der negativen."

Schließlich macht Wiedemann darauf aufmerksam, daß der Uebergang der Elektricität von Atom zu Atom, von Molekel zu Molekel oscillatorische Bewegungen ihrer Aetherhüllen hervorrufen kann, ohne doch in entsprechendem Maße die lebendige Kraft der fortschreitenden Bewegung aller Theilchen zu vergrößern, daß also möglicherweise Lichtentwickelung eintreten kann, ohne daß das Gas zum Glühen erhitzt wird.

Diese Vermuthung ist in der That durch spätere Versuche bestätigt worden,[1]) und es hat sich gezeigt, daß ein Gas beim Durchgange der Elektricität bereits weit unter 100° leuchten kann.

Zu den Versuchen wurde eine Entladungsröhre benutzt, bestehend aus einem beiderseits konisch ausgezogenen, 90 Millim. langen Theile von 30 Millim. Weite, an dessen einem Ende eine mit Glashahn versehene Glaskugel angeschmolzen war, in deren Mitte sich eine als Elektrode dienende kleine Aluminiumkugel befand, während am andern Ende ein U förmig gebogenes Capillarrohr (Durchmesser 0,854 Millim., Höhe des U etwa 93 Millim.) angeschmolzen war, an dessen Ende sich wieder eine Glaskugel mit Aluminiumelektrode und Hahn befand. Das U-Rohr wurde in ein Calorimeter gesetzt, bestehend aus einer mit Terpentinöl gefüllten, von einem doppelwandigen, Wasser enthaltenden Gefäß umhüllten Messingröhre, in welche ein Thermometer tauchte. Die Entladungsröhre wurde mit Luft gefüllt, die man dann bis auf etwa 3 Millim. Druck auspumpte, so daß beim Durchgange der Elektricität der ganze weite Theil mit continuirlichen Lichte erfüllt war. Nach der Ablesung des Druckes wurde der die Verbindung mit der Luftpumpe herstellende Hahn geschlossen. Als Elektricitätsquelle diente ein Ruhmkorff'sches Inductorium mittler Größe mit Quecksilberinterruptor; ein mittels Relais in einen zweiten Stromkreis eingeschalteter Schwarzschreiber zählte die Zahl der Entladungen. Zur Erregung dienten zwei Bunsen'schen Elemente.

Um nun die Temperatur des Gases während der Entladungen zu bestimmen, wurde 5—10 Minuten vor dem Ver-

---

1) Ann. der Physik u. Chemie. N. F. Bd. 6, S. 298.

suche der Gang des Thermometers beobachtet und dann der Stromkreis des Inductoriums geschlossen. War eine hinlängliche Temperaturerhöhung des Calorimeters eingetreten, so wurde der Stromkreis wieder geöffnet und abermals 5—10 Minuten lang der Gang des Thermometers verfolgt. Aus der Temperaturerhöhung und der Zahl der Entladungen ergab sich nun die bei jeder einzelnen Entladung im Capillarrohr entwickelte Wärmemenge, aus der sich dann die Temperatur des Gases angenähert ermitteln ließ. Dazu dient der durch Beobachtungen von G. Wiedemann, A. Naccari und Bellati festgestellte Satz, daß die beim Durchgange der Entladung in jedem Querschnitt der Entladungsröhre erzeugte Wärmemenge nahezu unabhängig von der Größe des Querschnittes und daher die Temperatur umgekehrt proportional der Größe des Querschnittes ist. E. Wiedemann beobachtete nun helles Leuchten des Gases schon, als dessen Temperatur beim Durchgange der Entladung von etwa 20° um 62—70° erhöht wurde, und diese Temperaturen sind jedenfalls noch nicht die niedrigsten, bei der ein Leuchten des Gases sich zeigt; „denn als die Entladungen einer Holtz'schen Maschine durch eine der oben beschriebenen Entladungsröhre ganz ähnliche geleitet wurden, zeigte sich der weitere Theil derselben vollkommen mit Licht erfüllt, während das Licht im engeren weit schwächer war als bei Anwendung des Inductoriums."

„Das Leuchten des Gases bei bereits so niedriger Temperatur während des Durchganges der Elektricität beweist, mit Rücksicht auf die mechanische Gastheorie, daß die elektrische Entladung, unabhängig von einer Steigerung der lebendigen Kraft der fortschreitenden Bewegung der Moleküle durch die Temperatur, eine beträchtliche Erhöhung der lebendigen Kraft der oscillatorischen Bewegung der Aetherhüllen hervorruft." Muß auch die Entwickelung weiterer Consequenzen noch vorbehalten bleiben, so läßt sich doch schon jetzt übersehen, „daß die verschiedenen Spectra in den verschieden weiten Theilen der Entladungsröhren nicht auf die verschiedenen Temperaturen der Gase allein zurückzuführen sind, sondern wesentlich von den Elektricitätsmengen abhängen, deren Durchgang die oscillatorischen Bewegungen der Aetherhüllen jedes einzelnen Atomes oder Moleküles bedingt."

Der durch seine Leistungen auf dem Gebiete der Spectralanalyse hervorragende englische Astronom und Physiker J. Norman Lockyer, von dem kürzlich ein werthvolles Werk über diesen Gegenstand erschienen ist,[1]) legte am 12. December vorigen Jahres der Royal Society eine größere Arbeit vor,[2]) die ihres Hauptthemas wegen in weiteren Kreisen Aufsehen erregte. Es handelt sich nämlich um nichts Geringeres, als um den Nachweis, daß die sogenannten Elemente zusammengesetzte Körper sind.

Seit vier Jahren ist Lockyer mit der Herstellung einer Abbildung des Sonnenspectrums in großem Maßstabe beschäftigt, ein Werk, das zugleich eine Vergleichung der Fraunhofer'schen Linien mit denen in den Spectren der Dämpfe der Metalle im Volta'schen Bogen enthalten soll. Das ganze Sonnenspectrum wird im Maßstabe der Zeichnung eine Länge von einem halben Furlong = 100,5 Meter besitzen; behufs Zeichnung der Metallinien und Reinigung der Spectra wurden mehr als 100,000 Beobachtungen angestellt und etwa 2000 Photographien aufgenommen. In einigen dieser Photographien wurden Dämpfe mit der Sonne verglichen, in anderen Dämpfe untereinander; noch andere wurden aufgenommen, um zu bestimmen, welche Linien in den Spectren lang und welche kurz sind.

Photographirt man nämlich das Spectrum des zwischen zwei Electroden übergehenden Flammenbogens, so reichen die verschiedenen Metalllinien nicht gleichweit vom Rande des Spectrums nach der Mitte der Breite desselben hin. Schon Stokes machte 1862 die Wahrnehmung, daß sich die Metalllinien von den Luftlinien dadurch unterscheiden, das jene sich nur in der Nähe der Polspitzen bilden, während diese durch die ganze Breite des Spectrums hindurch gehen. Aehnliche Wahrnehmungen machten auch Miller und Robinson; auch Thalén bemerkte die Erscheinung bis zu einem gewissen Grade und sagt hierüber: „Es giebt auch helle Linien, die man nur ausnahmsweise beobachtet, z. B. wenn die Menge der ange-

1) „Studien zur Spectralanalyse." Leipzig 1879 (Internationale wissenschaftl. Bibliothek Bd. 35).

2) Proceedings of the Royal Soc. XXVIII, p. 157; Nature XIX, p. 197. 225; Beibl. zu den Ann. der Physik und Chemie III, S. 88.

wandten Substanz sehr groß oder das Glühen sehr lebhaft ist," und weiterhin bemerkt er, daß diese Linien „in der Regel am Rand des Spectrums in Form von Nadelspitzen auftreten."[1]) Lockyer wurde auf den Unterschied zwischen langen und kurzen Linien zuerst im Jahre 1869 aufmerksam, als er bei seinen Beobachtungen der Sonnenchromosphäre die Wahrnehmung machte, daß bisweilen Dämpfe von Magnesium und anderen Metallen in dieselbe eindringen; am 14. März 1869 bemerkte er nun, daß beim Eindringen von Magnesiumdampf in die Chromosphäre keineswegs alle Linien dieses Metalles im Spectrum dieselbe Höhe erreichten. Ueber die weitere Verfolgung dieses Gegenstandes kann die Darstellung Lockyers in den „Studien" S. 133 u. f. verglichen werden.

Das Auftreten langer und kurzer Linien benutzt nun Lockyer zur Reinigung der Spectra, d. h. zur Abscheidung der Linien, welche Verunreinigungen zuzuschreiben sind. Wenn z. B. im Eisen eine Verunreinigung von Mangan gesucht würde und es fehlten die längsten Linien von Mangan, so müssen unter der Voraussetzung, daß die Elemente wirkliche Elemente sind, auch die kurzen Linien fehlen; waren die längsten Linien gegenwärtig, so konnte die Unreinigkeit bis zu den kürzesten vorhandenen Linien versetzt werden.

Es findet nun Lockyer, daß die Hypothese, die sogenannten Elemente seien einfache Körper, nicht allen Erscheinungen entspricht. Die definitive Reduction der Photographien aller metallischen Elemente von 390 bis 400 Milliontel-Millimeter Wellenlänge die am Anfang des Jahres 1878 begonnen wurde und 6 Monate gedauert hat, faßt alle Beobachtungen über Metallspectra, verglichen mit den Fraunhofer'schen Linien zusammen, die während der ganzen Beobachtungszeit aufgehäuft waren. Diese Vergleichung hat nun gezeigt, daß die Annahme, daß identische Linien in verschiedenen Spectren von Unreinigkeiten herrühren, nicht genügt. Aus den beiden Tafeln, die Lockyer für Eisen und Titan giebt, erkennt man, daß sich häufig Uebereinstimmung in den kürzeren Linien vieler Metalle zeigt, während die langen Linien derselben fehlen.

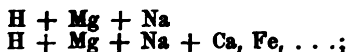
1) Mémoire sur la détermination des longueurs d'onde des rayes métalliques, p. 12. Upsale 1868.

Schon vor fünf Jahren machte Lockyer darauf aufmerksam, daß viele Thatsachen der Astrophysik darauf hinweisen, daß die Elemente selbst oder wenigstens einige von ihnen zusammengesetzte Körper sind. In einem Briefe an Dumas vom 3. December 1873, der in den Comptes rendus abgedruckt ist, faßt er das Ergebniß einer später in den Philosophical Transactions veröffentlichten Arbeit in die Sätze zusammen:

„Es scheint als ob, je heißer ein Stern ist, um so einfacher sein Spectrum ist, und die metallischen Elemente erscheinen in der Reihenfolge ihrer Atomgewichte (dabei wurde Mg = 12, Na = 23 gesetzt). So haben wir:

1) Sehr helle Sterne, in denen wir nur Wasserstoff in ungeheurer Menge und Magnesium sehen.

2) Kältere Sterne wie unsere Sonne, hier finden wir



$$H + Mg + Na$$
$$H + Mg + Na + Ca, Fe, \ldots;$$

aber keine Metalloide.

3) Noch kältere Sterne, in denen alle metallischen Elemente verbunden und ihre Linien nicht mehr sichtbar sind, und wo wir nur noch die Spectra von Metalloiden und Verbindungen beobachten.

4) Je älter ein Stern wird, um so mehr verschwindet der freie Wasserstoff; auf der Erde finden wir keinen freien Wasserstoff mehr.

Es scheint mir, als ob diese Thatsachen Beweis für mehrere von Ihnen (Dumas) ausgesprochenen Ideen sind. Ich glaube, daß wir uns eine Dissociation am Himmel denken können, welche die Arbeit unserer Oefen fortsetzt, und daß die Metalloide zusammengesetzte Körper sind, die durch die Hitze der Sonne zersetzt worden, während die einatomigen Metallelemente mit den kleinsten Atomgewichten gerade diejenigen sind, die selbst der Temperatur der heißesten Sterne Widerstand leisten."

Lockyer erinnert hier daran, daß den seitdem angestellten Sonnenbeobachtungen zufolge bei diesem leuchtenden Körper Calcium zwischen Wasserstoff und Magnesium einzuschalten ist, und daß Huggins dasselbe für die Fixsterne nachgewiesen hat. Der jetzige Zustand unserer Kenntnisse läßt sich daher folgendermaßen darstellen:

heißeste Sterne	Linien vom	H + Ca + Mg
Sonne		H + Ca + Mg + Na + Fe
kältere Sterne		— — Mg + Na + Fe + Bi + Hg
kälteste Sterne		Banden von Metalloïden.

Ein weiteres Ergebniß dieses Gedankenganges ist die später zu erwähnende Arbeit über das Calcium.

Es werden nun weiter die Erscheinungen besprochen, die eintreten müssen, je nachdem die Annahme richtig ist, daß die Elemente wirklich einfach sind, oder die entgegengesetzte.

„Offenbar mußte zunächst untersucht werden, ob eine Hypothese die Coïncidenzen der kurzen Linien erklären konnte, die nach Reduction aller Beobachtungen auf Grund der anderen noch übrig blieben. Bezeichnet man die vielen Spectren gemeinsamen Linien als „basische Linien“, so muß die neue Hypothese, soll sie von irgend einem Werthe sein, einen Zustand darstellen, in welchem uns die „basischen Molekeln, welche die „Basen“ (Grundstoffe) der sogenannten Elemente bilden, ihre Linien liefern, deren Intensität sich je nach den äußeren Umständen ändert, indem verschiedenen Bedingungen verschiedene Verbindungen entsprechen.

Es möge A (etwa Nickel) B (etwa Kobalt) als eine Unreinigkeit und als ein Element enthalten; welcher Unterschied wird sich bei der spectroskopischen Untersuchung herausstellen?

A giebt in beiden Fällen sein eignes Spectrum; B fügt als Unreinigkeit einfach seine Linien, entsprechend der Größe der Verunreinigung, hinzu, wie aus früheren Untersuchungen hervorgeht. B als ein Element fügt seine Linien entsprechend der Größe der Dissociation hinzu, wie gleichfalls bewiesen.

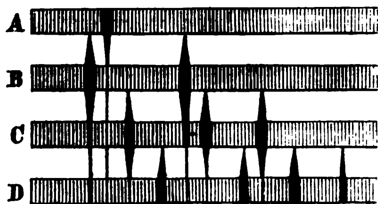
Der Unterschied der Phänomene wird daher darin bestehen, daß bei allmählich steigender Temperatur das Spectrum von A verschwindet, wenn es ein zusammengesetzter Körper ist, aber nicht verschwindet, falls es ein wahres Element ist.

Ist dagegen A ein zusammengesetzter Körper, zusammengesetzt zum wenigsten aus zwei ähnlichen oder unähnlichen Molekelgruppen, so werden die bei einer Temperatur längsten Linien nicht mehr die längsten bei einer anderen Temperatur sein, und die ganze Methode der Elimination von Unreinigkeiten wird hinfällig; dagegen tritt der Ursprung der basischen Linien auf einmal deutlich hervor.“

Lockyer sucht dies noch auf folgende Art zu erläutern: A, B, C, D seien vier Oefen; A sei der heißeste und enthalte eine Substanz α, die einen zusammengesetzten Körper β entweder durch Vereinigung mit sich selbst oder einer anderen Substanz bei einer Temperaturerniedrigung bilden kann. Wir wollen uns ferner einen Ofen B denken, in welchem dieser zusammengesetzte Körper allein vorhanden ist. Dann würde das Spectrum der Verbindung β allein in B sichtbar sein, wie das Spectrum des elementaren Körpers α in A allein sichtbar ist.

In dem kälteren Ofen C wird eine noch complicirtere Verbindung γ vorhanden sein und werden dieselben Beobachtungen gelten. Werfen wir nun in den Ofen A etwas von diesem doppelt zusammengesetzten Körper γ, so werden zuerst die Linien der drei Spectra nacheinander auftreten, zunächst werden die von γ, dann die von β die dicksten sein und endlich werden nur noch die von α allein vorhanden sein und das Spectrum wird die größte Einfachheit besitzen. Dieß ist indeß nicht der einzige Schluß, den wir aus diesen Betrachtungen ziehen können. Sind auch, wie wir annehmen, β, γ und die dem Ofen D entsprechende Verbindung δ höher zusammengesetzt als α, so werden doch noch in Folge einer unvollkommenen Dissociation die dicken Linien von β im Ofen C und die dicken von γ im Ofen D, aber alle nur als dünne Linien gesehen werden. Kurz die Linie von α in A ist basisch in B, C und D; die dicken Linien von β in B sind basisch in C und D und so fort.

Fig. 19.



Zur Erläuterung giebt Lockyer das Diagramm Fig. 19. Die Theile der Figur, welche zwischen den hypothetischen Spectren liegen, die den einzelnen Oefen entsprechen, sollen die allmähliche Umwandlung des Spectrums beim Uebergang zur Temperatur eines Ofens andeuten. Ein zweites Diagramm, Fig. 20, bezieht sich auf die Voraussetzung, daß der Ofen A, statt einer zur Dissociation von β, γ und δ in α ausreichenden Temperatur eine beträchtlich niedrigere besitzt, die aber immer

noch höher ist als die von B. Der einzige Unterschied der Spectra der Körper, die in den vier Oefen vorhanden sind, kann in der relativen Dicke der Linien bestehen. Das Spectrum der Substanzen, wie sie in A existiren, kann eben soviel Linien enthalten als das Spectrum der Substanzen, welche in D existiren.

Um nun zu zeigen, wie diese allgemeinen Betrachtungen zur Ausscheidung von Unreinigkeiten verwendet werden, denkt sich Lockyer, daß in der letzten Figur die vier Oefen etwa die Spectra von Eisen zeigen, welches durch die aufeinander folgenfolgenden Hitzegrade verschieden stark zersetzt ist. Zunächst ist klar, daß die relative Dicke der Eisenlinien sich ändern wird, je nach dem die Temperatur der von A, B, C oder D sich nähert. Die Lagen in den Spectren werden dieselben bleiben, aber die Intensitäten sich verändern, wenn wir von einer Temperatur zur andern übergehen; daher ist die früher angewandte Methode zur Elimination von Unreinigkeiten unanwendbar. Es sei z. B. Mangan eine Verbindung der Form des Eisens, die im Ofen B enthalten ist, mit einem andern Körper, und es entspreche die Photographie des Eisens, welche er mit der des Mangans vergleicht, dem Spectrum des Dampfes bei der Temperatur des Ofens C. Um die Verunreinigung des Mangans durch Eisen zu eliminiren, wie er es gethan, sucht er zunächst die längsten und stärksten Linien, die die Eisenphotographie zeigt, in der unter gleichen Bedingungen aufgenommenen Manganphotographie. Er findet diese Linien nicht. Er sagt daher, es enthält das Mangan kein Eisen. Obgleich aber die längsten Eisenlinien fehlen, so finden sich doch einige der schwächeren „basischen.“ Er hält dies für die Erklärung der scheinbaren Verwirrung, zu der man unter der Annahme, daß die Elemente wirkliche Elemente sind, geführt wird.

Fig. 20.



Diese Betrachtungen wendet nun Lockyer auf bekannte Verbindungen an. Eine Verbindung, etwa ein Calciumsalz, hat ebenso gut ein bestimmtes Spectrum, wie ein Element; während

aber das Spectrum des Metalles selbst aus Linien besteht, deren Zahl und auch Dicke bei einigen mit zunehmender Menge des Metalls wächst, so besteht das Verbindungsspectrum aus cannelirten Banden, die in gleicher Weise sich ändern. Kurz, die Spectra der Molekeln eines einfachen Körpers und einer Verbindung werden in gleicher Weise durch die Quantität afficirt; mit anderen Worten, beide Spectren haben ihre kurzen und langen Linien, die Linien in dem Spectrum des Elements sind durch Banden in dem der Verbindung ersetzt und in jedem Falle hängt die größte Einfachheit von der geringsten und die größte Zusammengesetztheit von der größten Quantität ab. Die Hitze, die nöthig ist, um eine solche Verbindung, wie Calciumsalz, zum Leuchten zu bringen, dissocirt die Verbindung, entsprechend ihrer Flüchtigkeit; die Zahl der wahren Metalllinien, welche so erscheinen, ist ein Maß für die Quantität des Metalles, die bei der Dissociation entsteht, und während die Metalllinien an Zahl zunehmen, verschwinden die Verbindungsbanden.

In früheren Arbeiten Lockyers ist die Ansicht, daß binäre Verbindungen ihre eigenen Spectra besitzen, begründet und dargelegt worden, wie diese Anschauung auf Grund von Betrachtungen über die langen und kurzen Linien entwickelt worden ist. Es sind ganz ähnliche Beobachtungen und Schlüsse, die er bei der Discussion der zusammengesetzten Natur der chemischen Elemente selbst vorbringen muß.

In einer der Royal Society 1874 mitgetheilten Arbeit, die sich neben anderem auch auf die Umkehrung einiger Sonnenlinien bezog, bemerkte er: „Es ist klar, daß eine größere Aufmerksamkeit dem Charakter der Fraunhofer'schen Linien sowohl wie ihrer Lage zugewendet werden muß, indem ich schon bei einigen derselben Anomalien gefunden habe. Ich kann besonders auf die zwei H-Linien, 3933 und 3968, die dem Calcium entsprechen, verweisen, die in allen Photographien des Sonnenspectrums viel dicker als die breiteste Calciumlinie dieser Region (4226,3) sind, indem diese stets dicker als die H-Linien in allen Photographien des Calciumspectrums ist und außerdem noch bei Substanzen beobachtet wird, die so geringe Calciummengen enthalten, daß sie keine Spur der H-Linien zeigen. Inwiefern diese und andere Verschiedenheiten zwischen photographischen

Aufnahmen und dem Sonnenspectrum von Vorgängen bei der photographischen Aufnahme abhängen oder von Veränderungen in den Intensitäten der verschiedenen molecularen Schwingungen und von den Bedingungen, wie sie auf der Sonne und Erde vorhanden sind, habe ich bis jetzt nicht entscheiden können."

Am Eingange dieser Abhandlung hat Lockyer noch besonders hervorgehoben, daß die vorgebrachten Schlüsse sich auf Analogien gründen, die von Körpern geliefert werden, welche ohne Zweifel zusammengesetzt sind. Hätte er in der That auf diesen Punkt kein so großes Gewicht gelegt, so könnte man einwenden, daß die verschiedenen Aenderungen der Spectra, auf die er die Aufmerksamkeit zu lenken suchte, nicht die Folge einer verschieden weit vorgeschrittenen Dissociation sind, sondern davon herrühren, daß dieselbe Masse in verschiedener Weise schwingt, oder daß die Schwingungen in verschiedener Weise erzeugt werden. So könnte man die zahlreichen Obertöne, harmonische und unharmonische, die mit einer Glocke erzeugt werden können, sei es mit oder ohne Grundton, mit den Spectrallinien vergleichen, die bei den verschiedenen Temperaturen mit oder ohne die Linie auftreten, welche einer jeden Substanz entspricht, wenn sie bei der niedrigsten Temperatur schwingt. Gegen diesen Einwand ließe sich erwidern, daß er zu viel beweist. Denn, wenn er beweist, daß die h Wasserstofflinie in der Sonne durch dieselbe moleculare Anordnung erzeugt wird, die nur die zwei grünen Linien liefert, wenn ein möglichst schwacher Funken durch Wasserstoff, der in einer weiten Glasröhre enthalten ist, geht, so beweist er auch, daß Calcium identisch mit seinen Salzen ist; denn wir können das Spectrum jedes Calciumsalzes allein, ohne das ihrer gemeinsamen Basis, Calcium, erhalten, ebenso wie die grünen Wasserstofflinien ohne die rothen auftreten.

Er glaubt deshalb, daß ein Einwand, der sich auf das Auftreten von Obertönen eines tönenden Körpers stützt, von Keinem vorgebracht werden kann, der an die Existenz von zusammengesetzten Körpern überhaupt glaubt; denn spectroskopisch besteht kein Sprung zwischen Verbindungen und den sogenannten Elementen. Die spectroskopischen Unterschiede zwischen dem Calcium selbst sind ebenso groß, wie wenn wir von einer bekannten Calciumverbindung zum Calcium selbst übergehen. Es ist eine

vollkommene Continuität der Erscheinungen von einem Ende der Temperaturscala zum andern.

Da diese Betrachtungen eine Erklärung der wirklich beobachteten basischen Linien lieferten, so suchte sich Lockyer in weiterer Verfolgung derselben Ideen ein klares Bild davon zu machen, „in welcher Weise auf Grund des Evolutionsprincips verschiedene Basen gebildet und dann selbst basisch werden können.“

Es schien nicht unnatürlich zu sein, daß die Complicirtheit der Basen durch continuirliche Multiplication zunehme, wobei der Factor 1, 2 oder gar 3 sein könnte, wenn Bedingungen herzustellen wären, bei denen die Temperatur ihrer Umgebung abnimmt, wie wir es annehmen für die Oefen A bis D. Es würde dies einen Zustand molekularen Aufbaues bedingen, bei dem das Molekulargewicht einer so erzeugten Substanz in ihrer Verbindung mit einer andern stets wachsen würde.

Eine andere Methode, die Complicirtheit der Molekeln zu vergrößern, würde auf einer Addition von Molekeln verschiedenen Ursprungs beruhen. Stellt man die erste Methode durch A + A dar, so ist die zweite durch A + B wiederzugeben. Eine Veränderung des letzteren Prozesses würde in Einführung einer noch complicirteren Molekel B bestehen, so daß wir statt $(A + B)_2$ erhalten $A + B_2$. Von diesen drei Prozessen scheint nun Lockyer der erste am leichtesten zu behandeln zu sein, da die Betrachtung von Unreinigkeiten ausgeschlossen war. Die früheren Untersuchungen hatten ja festgestellt, daß bestimmte Linien dem Calcium, andere dem Eisen u. s. f. entsprechen, d. h. daß sie gewöhnlich in den Spectren dieser Substanzen sichtbar sind. Die weitere Forschung ging nun von der Annahme aus, daß diese Linien wirklich bestimmten Substanzen eigenthümlich angehören und sollte entscheiden, ob bei Temperaturänderung jede der Reihe nach basisch wird. Die Untersuchung begann beim Calcium, worauf geprüft wurde, ob Wasserstoff, Eisen und Lithium sich in gleicher Weise verhalten.

Was nun zunächst die auf das Calcium bezüglichen Untersuchungen anlangt, so hat Lockyer im Jahre 1874 in einer Mittheilung an die Royal Society (Proceedings XVII, p. 380) zuerst auf die Möglichkeit aufmerksam gemacht, daß die allbekannten Linienspectra der Elemente vielleicht nicht durch Schwing-

ungen ähnlicher Molekeln bedingt seien, und zwar wegen der Verschiedenheit, die die Spectra gewisser Stoffe auf der Sonne und unter terrestrischen Verhältnissen zeigen. Später (1876) wies er nach, daß die molekulare Anordnung des Calciums, welche mit einem kleinen Inductionsapparat und einer kleinen Batterie ein Spectrum giebt, dessen Hauptlinie in Violet liegt, in der Sonne fast ganz und bei den Entladungen mit einer großen Spirale und Flasche ganz in eine oder mehrere andere Anordnungen zerlegt wird, die Linien im Violet zeigen. Er sagt „eine andere" oder „mehrere andere", da er damals noch nicht im Stande war zu bestimmen, ob die zuletzt erwähnten Linien von derselben oder von verschiedenen Molekeln ausgingen, und er fügte hinzu, daß wir eine Entscheidung viel-

Fig. 21.



leicht von Photographien der Spectren der helleren Sterne zu erwarten hätten. Er bemerkte zugleich, daß dies Resultat uns in den Stand setze, mit ziemlicher Genauigkeit die im elektrischen Funken auftretenden, die Dissociation herbeiführenden Umstände zu bestimmen, die demselben Grade der Dissociation auf der Sonne äquivalent sind.

Zur Erläuterung giebt Lockyer nach photographischen Aufnahmen Abbildungen vom blauen Ende des Spectrums des Calcium, (s. Fig. 21). Bei niederer Temperatur zeigt das an Chlor gebundene Calcium ($Ca\ Cl_2$) nur am rothen Ende ein Spectrum, weil die zusammengesetzte Molekel als Ganzes schwingt (1). Wenn aber die Molekel in einem schwachen Voltabogen in geringem Grade durch einen Inductionsstrom dissociirt ist, so erscheint die helle Linie von 4226,3 Zehnmilliontel-Millim.

Wellenlänge (2). Das metallische Calcium ferner giebt im elektrischen Bogen mit einer geringen Elementenzahl außer jener Linie auch noch die beiden Linien 3933 und 3968, aber 4226,3 ist weit dicker und kehrt sich selbst um (ist dunkel, 3). Wird die Stromstärke noch mehr gesteigert, so sind alle drei Linien fast gleich dick und kehren sich alle um (4).

Es ist hier daran zu erinnern, daß wenn bei einer wirklichen Verbindung eine Dissociation stattfindet, das Bandenspectrum zurücktritt und das Spectrum eines jeden Elementes sich zeigt. Nimmt man nun im dritten der vorstehenden Fälle die breite Linie 4226,3 als Repäsentanten des Bandenspectrums der Verbindung und die schmäleren als Repräsentanten der längsten Linien der Elemente, die infolge einer partiellen Dissociation auftreten, so hat man, nach Lockyers Hypothese, ein Element, welches sich wie eine Verbindung verhält. Ist die Hypothese richtig, so muß man nicht nur bei niederen Temperaturen ein noch stärkeres Vorwiegen der einen Linie finden, sondern bei höheren Temperaturen auch ein solches der doppelten, was auch in der That der Fall ist.

In Fig. 21 zeigt 5 das Spectrum des Calciums bei Anwendung einer kleinen Spirale und kleinen Flasche, während bei Benutzung einer großen Spirale und großen Flasche das Spectrum 6 erscheint; 7 zeigt die Absorption des Calciumdampfes auf der Sonne. Während also bei der niedrigsten Temperatur (2) nur die eine Linie auftritt, sind bei der höchsten (6) nur die beiden anderen vorhanden; die Intensität der Schwingungen hat sich also von einem Versuche zum andern gänzlich geändert.

Lockyer setzt demnächst die Gründe aus einander, die ihn veranlaßt haben, nach neuen Beweisen auf den Sternen zu suchen.

„Es ist hinlänglich klar, daß wenn die sogenannten Elemente, oder vielmehr ihre kleinsten Atome, welche uns die Linienspectra geben, wirklich Verbindungen sind, sich dieselben in sehr hoher Temperatur gebildet haben müssen. Man kann sich leicht denken, daß keine obere Grenze der Temperatur besteht und also auch keine obere Grenze, jenseits deren solche Verbindungen möglich sind, weil die Atome, welche die Fähigkeit besitzen, sich bei diesen transcendentalen Hitzegraden zu ver-

binden, nicht als solche existiren, daß sie vielmehr mit andern Atomen, gleicher oder ungleicher Art, verbunden bei allen niederen Temperaturen bestehen. Es wird daher die Association in einer Verbindung complicirter Molekeln bestehen, und die Dissociation wird mit steigender Temperatur kein Ende erreichen."

Noch ein anderer Punkt ist dieser: „Wir dürfen jedenfalls annehmen, daß unser „Calcium", einmal gebildet, eine bestimmte Entität darstellt, sei es, daß es ein Element ist oder keines; und wenn wir es allein untersuchen, so können wir niemals feststellen, ob eine Temperaturerhöhung eine einzige einfachere oder mehr atomistische Form desselben Dinges hervorruft, oder ob wir es in X + Y zerlegen, da weder X noch Y sich jemals ändern wird. Wenn aber das Calcium das Product einer relativ niedrigeren Temperatur ist, so können wir auf Sternen, die heiß genug sind, daß auf ihnen seine Componenten in getrenntem Zustande bestehen, erwarten, daß diese Componenten an Quantität sich verändern; es kann mehr X auf dem einen, mehr Y auf dem andern vorhanden sein, und wenn dies so ist, so werden die H- und K-Linien an Dicke variiren, und der äußerste Grenzfall wird der sein, daß wir auf dem einen Sterne bloß H, etwa dem X entsprechend, auf dem andern bloß K, dem Y entsprechend, haben."

Stokes hat bei Gelegenheit der ersten Veröffentlichung dieser Betrachtungen darauf aufmerksam gemacht, daß beim Erhitzen eines Platindrahtes mittels eines durchgehenden Stromes bis zur Weißgluht nicht nur die Strahlung für jede Wellenlänge absolut wächst, sondern daß auch das Verhältniß der Strahlungen von verschiedener Wellenlänge sich ändert, und zwar daß das Verhältniß der stärker zu den schwächer brechbaren mit der Temperatur wächst. Stokes hielt daher die erwähnten Thatsachen bloß für einen Beleg für die hohe Temperatur der Sonne, nicht für die Dissociation der Calciummolekel.

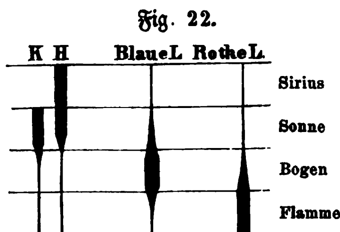
Seitdem sind aber zahlreiche Sternspectra untersucht worden, und es ergab sich insbesondere aus den Beobachtungen von Dr. Huggins, „daß die Linie, die nach den Untersuchungen von Prof. Stokes die hellste sein müßte, indem der Sirius anerkanntermaßen viel heißer als die Sonne ist, so schwach auftritt, wenn sie überhaupt in dem Spectrum existirt, daß

sie zuerst von Dr. Huggins gar nicht wahrgenommen wurde."

Indem nun Lockyer außer den Forschungen Huggins' auch noch die des Prof. Young über die chromosphärischen Linien und die Beobachtungen in Siam bei der Sonnenfinsterniß 1875 in Betracht zieht, kommt er zu Ergebnissen, die er durch Fig. 22 erläutert und in den Worten ausspricht:

„Fassen wir die das Calcium betreffenden Thatsachen zusammen, so sondert sich zunächst die H-Linie von den andern dadurch ab, daß sie fast allein auf dem Sirius auftritt. Die K-Linie kann man von den übrigen, so zu sagen, durch ihre Geburt trennen, in so fern sie auf *α* Aquilae vorhanden ist, und durch die relative Dicke auf der Sonne, verglichen mit der im Voltabogen. Wir haben die blaue Linie (4226,3) geschieden von H und K durch ihre geringe Dicke im Sonnenspectrum, wo diese dick sind, und durch ihre Dicke im Lichtbogen, wo die letzteren dünn sind. Wir haben sie ferner von ihnen dadurch getrennt, daß sie bei Sonnenstürmen fehlt, während die letzteren fast immer sichtbar sind, und endlich dadurch, daß sie bei Sonnenfinsternissen fehlte, während die H- und K-Linien die hellsten waren, welche gesehn oder photographirt wurden. Zuletzt haben wir das Calcium von seinen Salzen durch die Thatsache unterschieden, daß die blaue Linie nur bei Anwendung hoher Temperaturen sichtbar ist, während jedes Salz ein bestimmtes, ihm eigenthümliches Spectrum hat, in welchem keine der besprochenen Linien auftritt, so lange die Temperatur unter einem bestimmten Punkte bleibt."

Fig. 22.



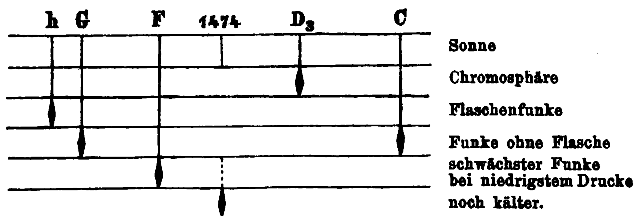
Beim Eisen beschränkt sich Lockyer auf den zwischen den Fraunhofer'schen Linien G und H auf den photographischen Platten sichtbaren Theil des Spectrums, und er lenkt hier die Aufmerksamkeit besonders auf zwei Gruppen von je drei Linien. Die Beobachtungen weisen darauf hin, daß diese beiden Gruppen ihre Entstehung nicht derselben molekularen Gruppe verdanken,

wie die übrigen Linien, da sie in vielen Fällen an Intensität bedeutend vorwiegen, ja fast allein sichtbar sind. Es sprechen aber auch noch weiter Erscheinungen dafür, daß die beiden Gruppen nicht von derselben molekularen Anordnung, sondern von zwei verschiedenen herrühren; so sind z. B. die Helligkeitsverhältnisse beider Gruppen im Sonnenspectrum gerade umgekehrt wie im Spectrum des elektrischen Lichtbogens. Sonach erscheint es wahrscheinlich, „daß die Schwingungen in der besprochenen Region von mindestens drei verschiedenen Molekeln erzeugt werden."

Nach kurzer Besprechung des Lithiumspectrums wendet sich Lockyer schließlich zu dem des Wasserstoffs, von dem er die schematische Darstellung Fig. 23 giebt.

Die von Angström mit h bezeichnete, im Sonnenspec-

Fig. 23.



trum in Folge der Absorption durch Wasserstoff auftretende Linie konnte von Frankland und Lockyer 1869 bei Anwendung schwacher Batterien und Leidener Flaschen nicht wahrgenommen werden. Ihr Auftreten deutet daher auf relativ hohe Temperaturen, und ihre Umkehrung in der Chromosphäre zeigt, daß diese letztere, auch wenn sie hinlänglich kalt ist, um eine Absorption zu veranlassen, doch noch eine verhältnißmäßig hohe Temperatur besitzt. Diese Linie tritt nur bei hohen Spannungen auf; in den Protuberanzen wurde sie 1875 nicht beobachtet und bei Finsternissen ist sie stets die kürzeste Linie der Chromosphäre. Sie ist von den anderen Linien dadurch unterschieden, daß sie allein von allen Wasserstofflinien beim Indium auftritt, wie denn Thalén darauf aufmerksam gemacht hat, daß die hellste Linie im Spectrum des Indiums eine der

Wasserstofflinien (h) ist, während die andere Wasserstofflinie (bei G) fehlt.

Unter gewissen Bedingungen von Druck und Temperatur reducirt sich das complicirte Wasserstoffspectrum auf eine der Fraunhofer'schen Linie F entsprechende grüne Linie.

Lockyer glaubt ferner Beweise dafür zu haben, daß die Substanz, welche die nicht umgekehrte Linie der Chromosphäre und die Linie 1474 der Kirchhoff'schen Scala, die sogenannte Corona-Linie enthält, wirklich nur eine andere Form des Wasserstoffs ist. Die eine derselben ist möglicherweise einfacher als derjenige Wasserstoff, der die Linie h allein liefert, während die andere complicirter ist als die Form, welche F allein giebt. Nähere Untersuchungen über diesen für die Physik der Sonne und überhaupt für die Constitution der Sterne wichtigen Punkt behält sich Lockyer für später vor.

Es scheint nun nach Lockyer's Meinung, als ob die erwähnten Thatsachen sich einfach zusammenordnen lassen und eine continuirliche Reihe von Erscheinungen bilden, welche erklärbar sind durch die Hypothese aufeinanderfolgender Dissociationen, analog denen, die bei unzweifelhaften Verbindungen beobachtet werden.

Dies sind im wesentlichen die dem Gebiete der Spectralanalyse entlehnten Gründe, welche Lockyer zur Stütze seiner Hypothese aufführt. So lange freilich die Meinungen über den Ursprung der Spectrallinien noch auseinandergehen und keine Gewißheit in dieser Hinsicht herrscht, dürfte es unmöglich sein, auf solche Weise, durch bloße Berücksichtigung des spectroskopischen Verhaltens, die Ansicht, daß die Elemente in Wahrheit zusammengesetzte Körper sind, aus dem Bereiche der Hypothese zu einem Lehrsatze zu erheben; es würden dazu ohne Zweifel Thatsachen aus anderen Forschungsgebieten, namentlich aus der Chemie, herbeizuziehen sein.

Absorptionsspectra. — Die Absorptionsspectra löslicher Substanzen, welche bisher beobachtet und beschrieben worden sind, bezogen sich in der Regel auf die Lösungen, selten nur auf die festen Substanzen selbst. Doch sind in einzelnen Fällen Unterschiede zwischen den Spectren der Lösung und des festen Körpers beobachtet worden, so bei den Uran- und Didymsalzen (vergl. dieses Jahrb. VII, S. 128 und 129). Anderntheils

weiß man auch, daß die Absorptionsspectra der Lösungen je nach der Natur des Lösungsmittels variiren, und Kundt hat die Thatsache nachgewiesen, daß die Absorptionsbande um so weiter nach dem rothen Ende des Spectrums hin liegt, je größer die Dispersion des Lösungsmittels ist. Dabei scheint indessen der Umstand übersehen worden zu sein, daß bei einem Wechsel des Lösungsmittels das Absorptionsspectrum seinen Charakter oft so vollständig ändert, daß eine Vergleichung sehr schwer wird. Eine genauere Untersuchung dieser Verschiedenheiten war deshalb höchst erwünscht sowohl in rein theoretischer Hinsicht, als auch wegen der praktischen Verwendung der Absorptionsspectra.

Es hat nun Herm. W. Vogel die Ergebnisse derartiger Untersuchungen veröffentlicht[1]), welche besonders die Verschiedenheiten zwischen den Absorptionsspectren von Salzen und Pigmenten in festem Zustande und in Lösung feststellen sollen. Im ersteren Zustande wurden die Körper erhalten, indem Vogel ein Paar Tropfen der betreffenden Lösung auf eine präparirte Glasplatte brachte und dort trocknen ließ. Zur Untersuchung der Absorptionsspectra wurden Instrumente von nur mäßiger Dispersion verwandt, um einen bessern Ueberblick über das ganze Spectrum zu erhalten. Von einigen Substanzen, wie Jod, Untersalpetersäure, Indigo, wurde das Spectrum des Dampfes zum Vergleich mitgegeben, sonst wurden in der Regel die wässrige und die alkoholische und noch einige andere Lösungen untersucht. Die Hauptresultate, zu denen Vogel gelangte, sind folgende:

1) Es bestehen bedeutende Verschiedenheiten zwischen den Spectren, welche eine Substanz im festen, flüssigen oder aufgelösten und gasförmigen Zustande giebt. Charakteristische Banden, die das Spectrum in dem einen Zustande enthält, sind gar nicht vorhanden in dem des andern (wie beim Chromalaun, Kobaltchlorid, Jod, Brom, Naphthalinroth, Fuchsin, Indigo, Cyanin, Anilinblau, Methylviolet, Eosin, Carmin, Purpurin, Alizarin, Santalin), oder sie erscheinen in anderer Lage, oder mit verschiedener Intensität (bei Urannitrat, Kaliumpermanganat, Untersalpetersäure, Alcannaroth). Kupfersulfat und

1) Monatsberichte der Berl. Akad. der Wissensch. Febr. 1879.

Chlorophyll zeigen dieselbe Absorption in festem Zustande und in Lösung.

2) Bei Auflösung desselben Körpers in verschiedenen Lösungsmitteln stimmen die Spectra in einigen Fällen überein (Purpurin in Alkohol oder Schwefelkohlenstoff, Aldehydgrün in Wasser oder Alkohol, Methylviolet und Indigoschwefelsäure in Wasser oder Amylalkohol); in andern Fällen sind sie nur durch die Lage der Banden unterschieden (Kobaltchlorid, Fuchsin, Corallin, Eosin und Jodgrün in wässrigen und alkoholischen Flüssigkeiten); und in wieder anderen Fällen wird der Charakter ein gänzlich anderer, so daß in keinem Punkte eine Uebereinstimmung besteht (Jod in Schwefelkohlenstoff oder Alkohol, Naphthalin, Anilinblau, Purpurin, Hämatoxylin, Brasilin in Wasser und Alkohol).

3) Die oben erwähnte, von Kundt aufgestellte Regel bestätigt sich in manchen Fällen nicht. In einigen Fällen rückten gerade umgekehrt in Lösungen von größerer Dispersion die Absorptionsbanden nach dem Blau (Urannitrat und blaues Kobaltchlorid in Wasser und Alkohol); in anderen Fällen bleibt ihre Position in verschiedenen Medien dieselbe (Untersalpetersäure in Luft und Benzol, Indigoschwefelsäure und Methylviolet in Wasser und Amylalkohol, Aldehydgrün in Wasser und Alkohol, Purpurin in Schwefelkohlenstoff und Alkohol). In manchen Fällen ist die Verschiebung im Sinne der Kundtschen Regel sehr beträchtlich, in andern für dieselbe Spectralregion ganz unbedeutend (Corallin und Fuchsin). Auch kommt es vor, daß gewisse Banden in verschiedenen Lösungsmitteln ihren Ort behalten, während andere, zugleich sichtbare, verschoben werden (Urannitrat in Wasser und Alkohol, Kobaltoxyd in Glas und Wasser, Uranprotonitrat in neutraler und in einer oxalsauren Lösung, Chlorophyll in Alkohol und Aether).

4) Die Position der Absorptionsbanden in den Spectren fester oder gelöster Körper kann nur ausnahmsweise als charakteristisch für diese Körper gelten. Ganz verschiedene Körper zeigen Absorptionsbanden in genau derselben Position (festes Urannitrat und Kaliumpermanganat im Blau; Naphthalinroth und Korallin im Gelb, Indigo, Anilinblau und Cyanin im Orange; Aldehydgrün und Malachitgrün im Orange). Nahe verwandte Substanzen zeigen oft beträchtliche Verschiedenheiten

in der Lage der Spectren unter gleicher Umständen (feste Uransalze).

5) Die für die Absorptionsspectra aufgestellte Regel: „Jeder Körper hat sein eigenthümliches Spectrum", gilt nur mit großen Einschränkungen. Die große Zahl der polychromen Substanzen zeigt verschiedene Farben und verschiedene Spectren in festen Zustande, je nach der Richtung, in welcher sie beobachtet werden. Die meisten andern Körper zeigen verschiedene Spectren im festen Zustande und in Lösungen, und hier wieder verschiedene je nach dem Lösungsmittel.

Die Analyse der Absorptionsspectren ist daher weniger auf die Position der Absorptionsbanden der einzelnen Substanzen, als auf die Veränderungen anwendbar, die im Spectrum desselben Körpers unter dem Einflusse verschiedener Lösungsmittel und Reagentien stattfinden. Es geben z. B. Cyanin und Anilinblau in alkoholischer Lösung ganz ähnliche Spectren, in wässriger ganz verschiedene. Die Absorptionsbanden des Oxyhämaglobins verschwinden bei Anwendung reducirender Agentien; die des Carmins, welche eine ähnliche Position haben, thun dies nicht. Die Bande des Brasilins verschwindet bei Zusatz von Essigsäure zur Lösung, die des Fuchsins nicht, rc.

Die Position der Banden wird charakteristischer für die Erkennung eines Körpers, wenn sich mehrere solcher Banden im Absorptionsspectrum vorfinden. Aber auch dann würde man zu weit gehen, wollte man von der Uebereinstimmung in der Lage der Banden bei zwei verschiedenen Körpern auf ihre Aehnlichkeit oder chemische Identität schließen. Ein solcher Schluß ist nur statthaft, wenn dieselben Banden gleiche Intensitäten und analoge Veränderungen unter dem Einflusse derselben Reagentien zeigen.

Sehr eingehende Studien über die Absorptionsspectra der Untersalpetersäure und des Bromdampfes hat B. Hasselberg veröffentlicht, und es sind von demselben die Wellenlängen der einzelnen Absorptionslinien durch Vergleichung mit benachbarten Fraunhofer'schen Linien bestimmt werden.[1])

Das ultraviolette Sonnenspectrum. — Die Wellen-

1) Mém. de l' Acad. Imp. de St. Pétersb. XXVI, Nr. 4; Auszug mit Tabellen der Wellenlängen in den Beibl. zu den Ann. der Physik u. Chemie. III, S. 80.

längen der Linien im ultravioletten Theile des Sonnenspectrums hat A. Cornu ermittelt. Der Theil von h, Wellenlänge = 410,1 Milliontel-Millimeter, bis O, Wl. = 343,97, ist im Glasapparate sichtbar, die andere Partie bis U, Wl. = 294,8, wurde mit einem Quazspectroskop unter Anwendung von Kalkspathprismen photographisch aufgenommen. Die Hauptlinien in diesem Theil haben die folgenden Wellenlängen:

O	343,97	r	314,42
P	335,93	S_2	309,95
Q	328,49	T	301,97
R	317,90	U	294,80

Für den ersten Theil hat früher Mascart folgende Werthe angegeben:

H	392,9	N	353,2
L	382,4	O	338,3
M	374,1		

Für die noch brechbareren Strahlen über U hinaus konnten keine genauen Messungen mehr vorgenommen werden, doch gelang es Cornu, die Coincidenz mehrer Hauptstreifen mit Eisenlinien festzustellen. Die Grenze des Spectrums im ultravioletten Theil ist übrigens sehr veränderlich und wesentlich abhängig vom Zustande der Atmosphäre, namentlich von ihrem Wassergehalt, sowie vom Sonnenstande. Im Winter ist bei gleicher Höhe der Sonne das Spectrum viel ausgedehnter als im Sommer. Atmosphärische Banden kommen im ultravioletten Theil des Spectrums nicht vor.

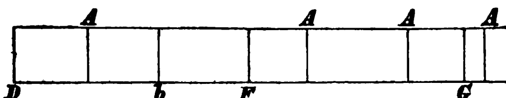
Spectrum des Südlichtes. — Während des Aufenthaltes der Challenger-Expedition in hohen südlichen Breiten wurden im Februar und März 1874 vier Südlichter beobachtet.[2]) Bei der Untersuchung eines Polarlichtstrahles mit dem Spectroskop fand J. P. Maclear am 21. Februar die drei Hauptlinien im Gelbgrün, im Grün und im Blau oder Purpur, welche vom Nordlichtspectrum bekannt sind; die rothe Linie konnte nicht gesehen werden. Am 3. März wurden vier Linien, drei starke und eine schwache beobachtet, trotz hellen Mondscheins, deren Lage Fig. 24 zeigt; A sind die Linien des Südlichtes, D, b, F und G die im Mondlicht sichtbaren tellurischen Linien.

---

1) Comptes rendus LXXXVI, p. 101.
2) Nature XVII, p. 12.

Das Spectrum des Blitzes[1]) ist im vorigen Jahre von Dr. Schuster an drei verschiedenen Orten in Nordamerika beobachtet worden: in Las Animas, Manitou und Salt Lake

Fig. 24.



City. Er fand darin die 3 Stickstofflinien mit 3 gut begrenzten Banden und einer zweifelhaften Bande. Die Stickstofflinien entsprechen dem Luftspectrum und die Banden scheinen, wie Dr. Schuster in seiner Mittheilung an die Londoner Physical Society bemerkte, mit dem Spectrum des Lichtes am negativen Pole übereinzustimmen, wenn ein Funke in einer Röhre mit Sauerstoff und einer Beimengung von Kohlenoxyd überschlägt. Aeltere Beobachtungen des Blitzspectrums durch Vogel und Lohse sind in diesen Jahrb. VIII, S. 148 erwähnt.

Spectrum des Lichtes explodirender Schießbaumwolle. Das von Dr. O. Lohse beobachtete Spectrum (s. dieses Jahrb. X, S. 115) scheint, wie Herm. W. Vogel bemerkt hat,[2]) im Wesentlichen ein Kalkspectrum zu sein, seine Hauptlinien stimmen nämlich mit den von Lecoq de Boisbaudran angegebenen Linien im Flammenspectrum des Chlorcalciums überein. Auch fand Vogel im Spectrum verschiedener Sorten Pyroxylin Bunsens Kalklinien α und β sehr deutlich, und außerdem war noch ε merklich; der Auszug des Pyroxylins mit Salzsäure erwies sich als kalkhaltig.

Elektricität und Magnetismus.

Erregung und Entladung von Elektricität.

Reibungsströme. — Es ist zuerst von Prof. F. Zöllner in Leipzig auf die Ströme aufmerksam gemacht worden,[3]) welche man in einem Leitungsdrahte beobachtet, dessen Enden mit zwei verschiedenen Stellen des Reibzeuges einer Elektrisirma-

1) Nature XIX, p. 427.
2) Ann. der Physik u. Chemie. N. F. Bd. 3, S. 615.
3) Poggend. Ann. Bd. 158, S. 497.

schine verbunden sind. Karl Schering in Göttingen hat nun auf experimentellem Wege die bis dahin noch nicht untersuchte Abhängigkeit der Intensität dieser Ströme von der Entfernung der mit einander verbundenen Stellen des Reibzeuges nachzuweisen versucht.[1]) Zu dem Ende wurde quer über eine um eine horizontale Achse drehbare cylindrische Glaswalze, den Isolator, ein 40 Millim. breiter Riemen von weichem, nicht amalgamirtem Leder gelegt, der an dem einen Ende isolirt befestigt, am andern durch ein angehängtes Gewicht gespannt wurde. In den Riemen wurden oben an zwei verschiedenen Stellen Stahlspitzen eingesteckt und mit den beiden Enden des Multiplicatordrahtes eines empfindlichen Wiedemann'schen Galvanometers verbunden.

Die Versuche bestätigten zunächst im Betreff der Richtung der Ströme die Zöllner'schen Angaben: Nennt man die vordere Kante dasjenige Ende des Reibzeuges, dem sich bei der Drehung die noch nicht geriebenen Stellen der Walze nähern, das andere Ende die hintere Kante, so geht der Strom von der hintern zur vordern Kante.

Der Strom wird bedeutend stärker, wenn die Elektricität des Isolators durch einen Saugkamm abgeleitet wird. Für die Entstehung des Stromes überhaupt aber ist es unwesentlich, ob eine solche Ableitung erfolgt oder nicht, und ebenso ist unwesentlich das Auftreten oder Nichtauftreten entgegengesetzter Elektricitäten an beiden Enden des Reibzeuges. Prüft man nämlich die beiden Enden des Reibzeuges, während die Walze gedreht wird, mit einem Goldblättchenelektroskop, so zeigt sich an der vordern Kante des Lederriemens immer eine größere Menge Elektricität und immer negative; an der hintern Kante aber findet sich, wenn die Walze nicht abgeleitet wird, meist positive Elektricität, wie schon Zöllner angegeben hat. Bei Ableitung der Walze aber verschwindet diese, und das Reibzeug hat nur negative Elektricität. In diesem letzteren Falle bilden die Reibungsströme die Ausgleichung der Differenzen verschieden großer aber gleichartiger elektrischer Mengen auf dem Reibzeuge.

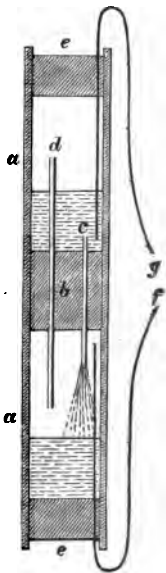
1) Nachr. v. d. kgl. Ges. d. Wissensch. u. d. Universität zu Göttingen. 1878 Febr. 20, S. 88; Ann. der Physik u. Chemie. N. F. Bd. 3, S. 465.

Die Intensität y der Reibungsströme ist abhängig von der Entfernung x der beiden mit einander verbundenen Stellen des Reibzeuges, und diese Abhängigkeit läßt sich durch die Formel

$$y = B\,x\,e^{-Cx}$$

darstellen, worin B und C positive Constante sind und $e = 2{,}71828$ die Basis der natürlichen Logarithmen ist. Diese Formel stimmt mit den Ergebnissen überein, welche Prof. Riecke in Göttingen in seiner analytischen „Theorie der elektrischen Scheidung durch Reibung"[1]) gewonnen hat.

Fig. 25.



Capillar-Elektricität. — Um zu zeigen, daß beim Durchgange von Quecksilber durch eine Capillarröhre ein galvanischer Strom entsteht, hat Dr. Paget Higgs im Old Charlton den folgenden Vorlesungsversuch angegeben.[2]) In eine 15—20 Millim. weite und 300 Millim. lange Glasröhre a wird in die Mitte ein Kork b eingesetzt, durch den 2 Glasröhren gehen, eine 0,5 Millim. weite, beiderseits nur wenig über den Kork vorstehende c, und die längere und weitere d, welche ungefähr bis in die Mitte der beiden Kammern reicht, welche entstehen, wenn man die Röhre an den Enden durch Korke e schließt. Letztere sind mit Platindrähten f und g durchbohrt, die nahezu an den Kork b reichen und nach einem empfindlichen Galvanoskop führen; die beiden Kammern sind bis zu einem Viertel mit Quecksilber gefüllt, dem etwas verdünnte Schwefelsäure zugesetzt ist. Kehrt man nun die Röhre um, wie ein Stundenglas, so entsteht ein Strom, der so lange andauert, als Quecksilber in die untere Kammer fließt; die weitere Röhre d dient dazu, der Luft den Uebertritt in die obere Kammer zu gestatten. Bei abermaliger Umkehrung wird auch der Strom umgekehrt. Die sich entleerende Kammer

1) Nachr. v. d. kgl. Ges. der Wissensch. u. der Univ. zu Göttingen. 1877 Nov. 3, S. 701.

2) Nature XV, p. 7.

spielt dabei stets die Rolle der Zink-Elektrode; mit fortschreitender Entleerung wird der Strom schwächer.

Man kann einen solchen Apparat zur Erzeugung eines schwachen Stromes benutzen, wenn man ihn drehbar an einem Stativ befestigt und mit einem Commutator versieht.

In der Theorie der capillarelektrischen und der von Quincke entdeckten Diaphragmenströme standen bis jetzt zwei Ansichten einander gegenüber, die von Zöllner und die von Edlund. Der erstere betrachtet diese Ströme als Erzeugniß der Reibung der strömenden Flüssigkeit gegen die Wandungen der Röhren, der letztere leitet dagegen aus seiner unitarischen Theorie der Elektricität den Satz ab, daß bei einer Flüssigkeitsbewegung stets ein elektrischer Strom im Sinne dieser Bewegung entstehen müsse (vergl. dieses Jahrb. XIV, S. 236). Um nun die Frage, welche Theorie die richtige sei, zu entscheiden, hat Julius Elster in Heidelberg eine umfängliche Reihe von Versuchen angestellt und in seiner Inaugural-Dissertation „über die in freien Wasserstrahlen auftretenden elektromotorischen Kräfte“[1]) beschrieben, aus denen er die Resultate ableitet:

1) „Eine Flüssigkeitsbewegung an sich bringt keine elektromotorische Kraft hervor. Es hat sich sonach die von Edlund aus seiner unitarischen Elektricitätstheorie abgeleitete Folgerung nicht bestätigt.

2) Die capillarelektrischen Ströme sind lediglich durch die Reibung der Theilchen der bewegten Flüssigkeit bedingt, und zwar bei nicht benetzenden Flüssigkeiten durch die Reibung derselben an den Theilchen der festen Wand, bei benetzenden dagegen durch Reibung an den Theilchen einer auf der Oberfläche des festen Körpers verdichteten Schicht derselben Flüssigkeit, die sich gegen die weniger dichte wie ein heterogener Körper verhält.

3) Die von Quincke entdeckten capillarelektrischen Ströme sind mit den im Reibzeuge einer Elektrisirmaschine auftretenden, von Zöllner zuerst beobachteten Reibungsströmen identisch.“

Eine Theorie der galvanischen Ströme, welche durch Concentrationsunterschiede in Flüssigkeiten

1) Abgedr. in den Ann. der Physik u. Chemie. N. F. Bd. 6, S. 553.

verursacht werden, hat Helmholtz gegeben,[1]) und in seinem Laboratorium sind von James Moser Versuche über derartige Ströme angestellt worden.[2]) Bei diesen Versuchen mußten alle chemischen Processe ausgeschlossen werden, es wurden daher die Elektroden aus demselben Metall genommen, welches sich in der Lösung befand. Zwei Gläser mit verschieden concentrirten Lösungen desselben Salzes, etwa Zinksulfat, wurden durch einen Heber verbunden, worauf durch eine metallische Leitung, in diesem Falle von Zink, der Kreis geschlossen wurde. Es entsteht dann immer ein Strom, der in der Flüssigkeit von der verdünnteren zur concentrirteren Lösung geht, nach dem Schema

Zn, verdünntes $Zn\ SO_4$, concentrirtes $Zn\ SO_4$, Zn.
$\longrightarrow$

Durch diesen Strom wird in der verdünnteren Lösung Metall aufgelöst, in der concentrirteren solches ausgeschieden, nach Herstellung einer gleichmäßigen Concentration hört er auf. Für die Arbeit, welche er leistet, ist das Aequivalent in der Arbeit der Anziehungskraft zwischen dem Salz und dem Wasser zu suchen, welche sich auch in den beim Mischen von Lösungen desselben Salzes zu beobachtenden Wärmewirkungen zu erkennen giebt. Der Strom ist demnach aufzufassen als Reactionsstrom gegen die Wanderung der Jonen, sowie der Polarisationsstrom Reactionsstrom gegen den Zersetzungsstrom ist. Denn wird irgend ein Salz elektrolysirt, so wird immer die Lösung an der Anode concentrirter, an der Kathode verdünnter. Mosers Versuche ergeben, daß dann eine elektromotorische Kraft auftritt, welche derjenigen der elektrolysirenden Batterien entgegen wirkt.

Elektricitätserregung beim Contact fester und gasförmiger Körper. — Als Sitz der elektromotorischen Kraft, welche sich kund giebt, wenn eine in eine Flüssigkeit getauchte Platinplatte sich in Folge der galvanischen Zersetzung der letzteren mit Gas bedeckt, sah Grove 1813 die Berührungsstelle von Platin, Gas und Flüssigkeit an. Die Ansicht ist später von Prof. W. Beetz in München bestritten worden und auch Gaugain gelangte 1867 zu dem Schlusse, daß das Platin nur auf die in der Flüssigkeit aufgelösten Gase wirke. Beetz

1) Ann. der Physik u. Chemie. N. F. Bd. 3. S. 201.
2) Dies. Bd. 3, S. 216.

glaubte die Größe der Spannungsdifferenz zwischen einem reinen und einem mit Gas bekleideten Metalle abhängig von dem Grade der Verdichtung des Gases und war der Ansicht, daß die Verdichtung größer oder kleiner sei je nach dem Metalle, mit welchem die Gaselemente hergestellt wurden; besonders stark werde die Verdichtung durch elektrolytische Polarisation hervorgebracht, weshalb die elektromotorische Kraft in diesem Falle eine besonders große sei. Macaluso schrieb nachher (1873) den elektrolytisch abgeschiedenen Gasen in ähnlicher Weise einen activen Zustand zu, wie wir ihn am Sauerstoff kennen; doch wurde beim Wasserstoff das Vorhandensein einer activen Modification durch Magnus sehr zweifelhaft gemacht.

Während es sich bei diesen Untersuchungen um bedeutendere Gasmengen an den Metallen handelte, hat neuerdings Kohlrausch die dünnen Gasüberzüge über Platten untersucht, und Helmholtz sowie Hervig haben die Analogie zwischen einer zwei polarisirte Elektroden verbindenden Flüssigkeitsschicht und einem Condensator näher erörtert. Helmholtz hat dabei die Ansicht vertreten, daß bei der Polarisation nicht nur oberflächlich haftende, sondern auch tiefer in das Platin eingedrungene Theile des Gases eine Rolle spielen müssen, wovon die Möglichkeit durch die von Graham am Palladium und Platin ausgeführten Versuche gegeben sei. Es hat auch Crova und später Root bei der Elektrolyse verdünnter Schwefelsäure ein Durchdringen des Wasserstoffs durch eine Platinplatte nachgewiesen, indem diese Platte nicht nur auf der Seite, an welcher die Elektrolyse stattfand, polarisirt erschien, sondern auch auf der entgegengesetzten, obwohl dieselbe vor jeder elektrolytischen Einwirkung geschützt war.

Die bisherigen Untersuchungen erstreckten sich indessen in der Hauptsache nur auf Wasserstoff und Sauerstoff, und um die Frage zu entscheiden, ob auf alle Fälle der Polarisation ganz dieselbe Anschauungsweise auszudehnen sei, welche für diese beiden Gase und besonders für den Wasserstoff gilt, hat Prof. W. Beetz in München eine Reihe von Versuchen mit Palladium- und Kohlen-Elektroden angestellt [1]).

Beim Palladium zeigten die elektromotorischen Kräfte,

1) Ann. der Physik und Chemie N. F. Bd. 5, S. 1.

welche durch Wasserstoff, Schwefelwasserstoff, Kohlenoxyd und Aethylen erregt wurden, eine ähnliche Proportionalität, wie Beetz früher am Platin beobachtet hatte, für Retortenkohle aber war nichts ähnliches zu bemerken.

Gegen Chlor verhalten sich Platin, Palladium und Kohle ganz gleich, sogar die numerischen Werthe für die elektromotorischen Kräfte stehen einander sehr nahe. „Es sieht so aus, wie wenn die in die Chlorlösung tauchende Platte lediglich als Leiter dient, und in der That kann man hier nicht von der elektromotorischen Kraft reden, welche ein Gas erregt, sondern wir haben es einfach mit der elektromotorischen Wirkung einer Flüssigkeit zu thun, welche mit dem Grade der Concentration der Flüssigkeit wächst."

Schwefelwasserstoff ist zwar von ähnlicher Löslichkeit in Wasser wie Chlor, verhält sich aber anders gegen Platin und Palladium als gegen Kohle. Letztere erscheint wie ein in eine Lösung getauchter Körper, der um so stärker erregt wird, je concentrirter dieselbe ist; die beiden Metalle aber werden schon durch die ersten Gasmengen stark erregt, sie entziehen dieselben offenbar der Flüssigkeit, um sie in oder auf sich zu verdichten.

Die übrigen Gase, mit denen experimentirt wurde, sind zu wenig in Wasser löslich, als daß dies in Betracht kommen könnte. Zur Erzeugung einer Spannungsdifferenz muß hier noch etwas Neues hinzukommen, „nämlich entweder eine Affinität (oder überhaupt eine Wirkung von Molekularkräften, durch welche sich die Gase der Metallplatte einverleiben), oder die Wirkung eines elektrolysirenden Stromes, welcher die Gase entweder ebenfalls in das Metall hineindrängt oder auf der Oberfläche desselben verdichtet. Am Palladium zeigt der Wasserstoff dieses Eindringen im höchsten Maße, am Platin im geringeren, an der Retortenkohle gar nicht. Die Nachhülfe der galvanischen Polarisation ist am Palladium ganz überflüssig, am Platin ist sie förderlich, an der Kohle nothwendig, um eine Spannungsdifferenz zu erzeugen. In gleicher Art wie Wasserstoff wirken Kohlenoxyd und Aethylen, aber weit schwächer. Wenn wir dieselben durch galvanische Polarisation verdichten könnten, so würde das in allen drei Fällen nützlich, bei der Kohle sogar nothwendig sein. Der Schwefel-

wasserstoff steht im Bezug auf sein Verhalten gegen Platin und Palladium dem Wasserstoff, in Folge seiner Löslichkeit dem Chlor nahe."

Beetz hat noch besonders das Verhalten des Chlors gegen Metalle untersucht und gefunden, daß Chlor nicht in ähnlicher Weise in Palladium eindringt, wie Wasserstoff.

Im Ganzen glaubt er aus seinen Versuchen den Schluß ziehen zu dürfen, „daß wir es streng genommen mit einer elektromotorischen Kraft der Gase nie zu thun haben, sondern entweder mit Spannungsdifferenzen, welche durch verschiedenartige Leitungsflüssigkeiten hervorgerufen werden, oder durch Veränderungen der Metalle durch solche Gase, welche ihren gasförmigen Zustand durch Occlusion in Metallen oder durch Condensation an deren Oberfläche ganz aufgegeben haben, denn eine wirkliche cohärente Gasschicht, welche einen metallischen Leiter überzöge, würde ja denselben von der Leitungsfähigkeit isoliren."

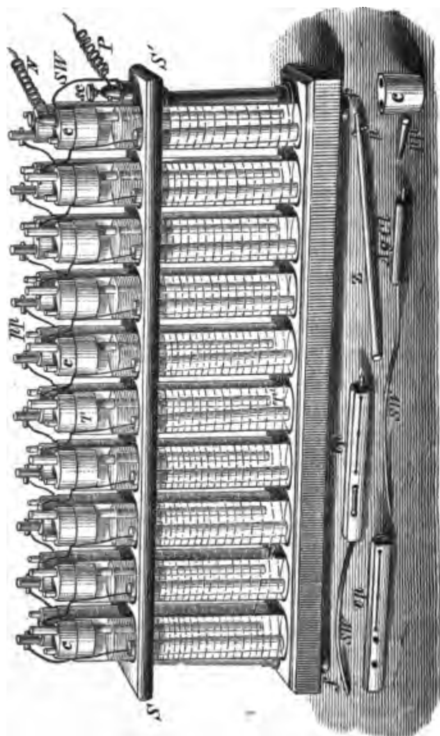
Indem wir uns nunmehr zu den Erscheinungen bei Entladung der Elektricität wenden, gedenken wir vorerst der umfangreichen Versuche über die Entladung der Elektricität in Gasen, welche Warren de la Rue und Hugo W. Müller 3½ Jahr lang angestellt und über welche sie der Royal Society in London berichtet haben [1]).

Dieselben bedienten sich dabei einer Batterie ihrer Chlorsilberelemente, deren schon früher in diesem Jahrb. (V, S. 164; XIII, S. 160) gedacht worden ist; sie begannen mit 1000 Zellen und steigerten diese Zahl allmählich bis zu 11000. Obwohl diese Elemente etwas kostbar sind, so bieten sie doch so viele Vortheile, daß ihre allgemeinere Einführung ziemlich wahrscheinlich ist. Deshalb dürfte eine nähere Beschreibung nicht unerwünscht sein.

Fig. 26 zeigt einen Satz von 20 Zellen neuester Construction, die einzelnen Bestandtheile sind am Fuße des Gestelles noch besonders dargestellt. Die Glasröhre T hat 5½ Zoll (140 Millim.) Höhe, 1⅛ Zoll (29 Millim.) Durchmesser und einen flachen Boden. Der Propf c besteht aus Paraffin und hat zwei Durchbohrungen, eine für den Zinkstab z,

1) Nature XVIII, p. 525, 547; XX, p. 174, 198.

die andere zum Einfüllen der Flüssigkeit; die letztere wird mit einem Paraffinpfropf pp geschlossen. Das Zink wurde von der belgischen Vieille Montagne-Compagnie bezogen; es darf nicht amalgamirt werden, wenn die Batterie länger als ein Jahr in Thätigkeit bleiben soll, da sonst die Silberdrähte, wenn sie damit in Berührung kommen, durchfressen werden. Man könnte auch Platindrähte, die nicht amalgamirt würden, statt der Silberdrähte nehmen, dies würde aber eine Vermehrung des Kostenaufwandes um 55 Pfund Sterl. (1100 Mark) für 1000 Zellen herbeiführen. Die Zinkstäbe sind 15 Centim. lang, 5,6 Millim. dick und am Ende mit einer 2,5 Millim. weiten Durchbohrung versehen. Das Silberchlorid AgCl ist in Form eines Stäbchens an einen abgeplatteten Silberdraht sw geschmolzen; jedes Stäbchen ist 5,4 Centim. lang, 0,762 Centm. dick und 12,97 Gramm schwer, jeder Silberdraht 20 Centim. lang, 0,127 Centim. breit, 0,0229 Centim. dick und 0,88 Gramm schwer; er steht, wie die Fig. zeigt am Ende ein wenig über


Fig. 26.

Chlorsilberstäbchen vor. qs ist ein Cylinder aus drei Lagen Pergamentpapier; am untern Ende sind die Lagen mit Zwirn zusammengenäht, oben sind sie von Silberdraht durchflochten und so verhindert aus einander zu gehen. Dieser Cylinder soll die Reduction des Chlorsilberstabes verhindern, die bei einer zufälligen Berührung mit dem Zink eintreten würde. Wenn man dem Silberdrahte eine passende Biegung ertheilt, so kann man bewirken, daß der Chlorsilberstab vertical steht und leicht gegen die Glaswand der Zellen drückt.

Die Flüssigkeit, welche in den Zellen in Anwendung kommt, besteht aus einer Lösung von 23 Gramm Ammoniumchlorid in 1 Liter destillirten Wassers. Bei Anwendung eines Glashebers mit einem Gummirohr, welches einen Quetschhahn besitzt und in eine Glasröhre endigt, die durch die Oeffnung des Paraffinpfropfes gesteckt werden kann, kann eine Person in 10 Stunden erfahrungsmäßig 2400 Zellen füllen.

Bei Aufstellung der Batterie bringt man zuerst die Glaszellen an ihre Plätze, dann werden die Zinkstäbe in die Paraffinpfropfen eingesetzt, hierauf die Silberchloridstäbe in die Zellen gestellt und diese mit den Pfropfen geschlossen, indem die dünnen Silberdrähte zwischen Glaswand und Pfropfen geklemmt werden. Darauf werden die Zellen verbunden, indem man den Silberdraht einer jeden in die Durchbohrung des Zinkstabes der nächsten einsetzt und dort befestigt, indem man mittels einer Zange einen Messingpfropfen in die Durchbohrung steckt. Zuletzt werden die Zellen in der angedeuteten Weise gefüllt und durch Einsetzung der Pfropfen pp geschlossen, worauf man mit einem heißen Eisen um die Außenseite der Pfropfen und um die Zinkstäbe fährt, um den Verschluß durch Schmelzen des Paraffins dicht zu machen.

So aufgestellt hat die Batterie eine wesentliche constant bleibende elektromotorische Kraft von ungefähr 1,03 Volt und einen inneren Widerstand von nicht über 5 Ohm auf die Zelle, der indessen mit der Zeit zunimmt, insbesondere wenn die Batterie längere Zeit unthätig ist; es rührt dies her von einem dünnen Ueberzuge von Zinkoxychlorid, der sich in allen Batterien auf dem Zinke bildet, wenn dieses in eine neutrale Chlorverbindung taucht. Man bringt die Zellen in ihren

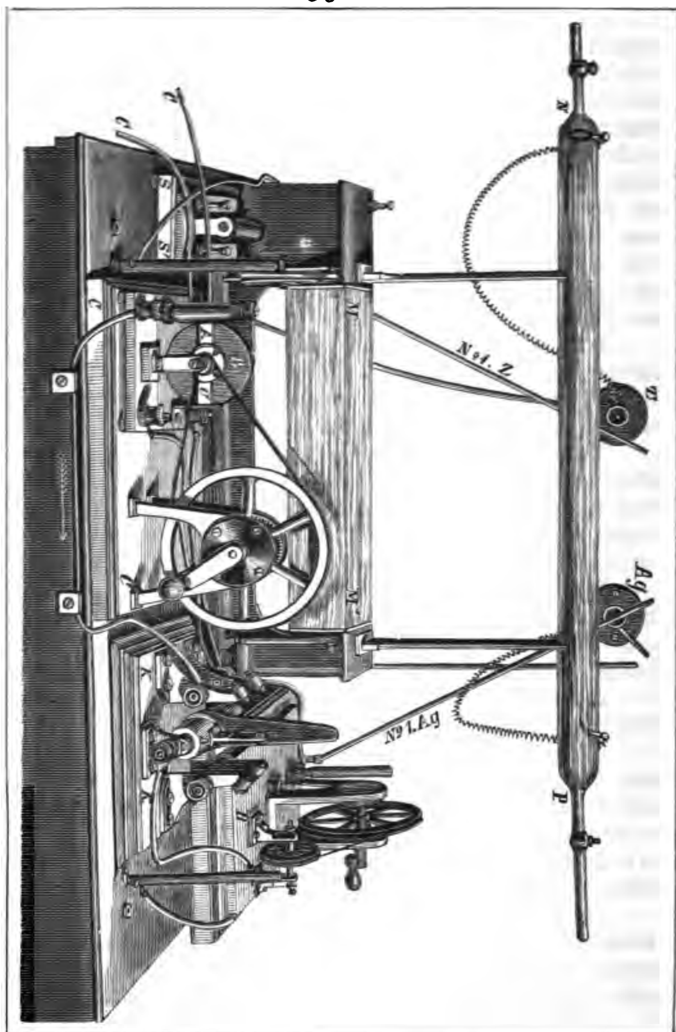
frühern Stand am einfachsten, indem man die kleinen Paraffinpfropfen, welche die Oeffnungen zum Einfüllen schließen, entfernt und in jede Zelle, welche 50 Cubikcentim. Flüssigkeit enthält, ein Cubikcentim. reine Salzsäure von 1,16 specifisch. Gewicht (enthaltend 31,8 Proc. HCl-Gas, entsprechend 0,3689 Gramm Säure) einfüllt; die Säure wird vor dem Einfüllen zweckmäßig mit dem gleichen Volumen destillirten Wassers verdünnt. Das Einfüllen erfolgt mit einer graduirten Pipette mit Hahn. Da eine Wasserstoffentwickelung eintritt, so muß man 24 Stunden warten, ehe man die kleinen Paraffinpfropfen wieder einsetzt; die Säure löst 0,3295 Gramm Zink auf. Zur Ausführung dieser Operation an einer Batterie von 1200 Zellen brauchte eine Person zwei Tage.

Nach fast täglichem Gebrauche waren innerhalb 16 Monaten in zwei Batterien 4,57 Gramm Chlorsilber in der Zelle reducirt worden; bei zwei andern Batterien betrug die Reduction in 10 Monaten 3,57 Gramm.

Was die Kosten anlangt, so ist der Preis des Chlorsilbers 3/4 von dem des Silbers, das Schmelzen und Gießen kostet (bei der Londoner Firma Johnson und Matthey, Hatton Garden) einen Penny für das Stäbchen. Die Verluste sind gering; sie betrugen, als man einmal von der Füllung von 600 Zellen das Silber extrahirte und einschmolz, 1,38 Proc. Wenn daher auch die Kosten der ersten Anlage beträchtlich sind, so ist die Unterhaltung doch billig, und das in ihr angelegte Capital läßt sich immer wieder realisiren. Die Aufstellung ist verhältnißmäßig leicht, und einmal aufgestellt kann die Batterie lange stehen ohne eine Aenderung, bis auf die Zunahme des inneren Widerstandes, die aber nur langsam erfolgt, denn es können viele Monate verstreichen, ehe der Widerstand von 5 auf 20 oder 30 Ohm per Zelle steigt. Dazu ist die Batterie reinlich und nimmt wenig Platz ein: in einem 141 Centim. hohen, 107 Centim. langen und 43 Centim. breiten Kasten haben 1200 Zellen Platz.

In Fig. 27 sieht man verschiedene Apparate, deren Warren de la Rue und Müller sich bei ihren Arbeiten bedienten, auf dem Deckel des Gehäuses einer Batterie aufgestellt. Im Vordergrunde rechts steht der Umschalter, dessen Grundplatte mit KK′ bezeichnet ist. Auf der mit einem Hand-

Fig. 27.



griffe versehenen horizontalen Ebonitachse befindet sich ein (in der Fig. vertical stehender) Handgriff, und auf jeder Seite eine Contactfeder (in der Fig. ist nur die vordere sichtbar); diese Federn sind in leitender Verbindung mit den Metallfassungen am Ende der Achse, die mit den Batteriedrähten verbunden sind. Links und rechts befinden sich in passender Höhe ein Paar Contacte, welche durch Drähte zwischen den Ebonitscheiben der Grundplatte diagonal verbunden sind. Je nachdem man nun den Handgriff nach links oder rechts wendet, legen sich die beiden Federn an die Contacte links oder rechts, und der Strom geht nach der einen oder nach der andern Richtung. In der in der Fig. angegebenen Stellung ist der Strom unterbrochen. Das Wesentliche dieser Anordnung besteht darin, daß bei Unterbrechung des Stromes die beiden Federn in so weite Entfernung von den Contacten kommen, daß der Lichtbogen, der sich bei so starken Strömen, wie sie hier angewandt wurden, immer bildet, sicher unterbrochen wird.

Links daneben steht ein gewöhnlicher rotirender Commutator zu raschem wiederholten Stromwechsel. Wenn die Kurbel 240mal in der Minute umgedreht wird, so finden 352 Stromwechsel in der Secunde statt. Der Strom geht in der einen oder der andern Richtung, je nachdem von den beiden an der Scheibe links angebrachten beide Contactfedern die obere das Stück B oder das entgegengesetzte D und gleichzeitig die rechts befindliche das Stück A oder C berührt, oder umgekehrt; A und C sind von einem Metallstück, B und D desgleichen. Ein Contact-Unterbrecher von ähnlichem Aussehen steht rechts etwas weiter zurück.

MM′ ist ein rotirender Spiegel, in welchem die Entladung, die in der Vacuumröhre NP von statten geht, beobachtet werden kann. In den Stromkreis waren noch ein Satz Widerstandsrollen von 1 bis 1 000 000 Ohm eingeschalten, sowie 4 mit Flüssigkeit gefüllte Röhren (2 mit gleichen Theilen Wasser und Glycerin, 2 mit destillirtem Wasser) von 2, 4, 6 und 33 Megohm (Millionen Ohm) Widerstand; jede derselben ließ sich einzeln ausschalten. Diese Widerstände vermindern sich allmählich durch Aufnahme von Ammoniaksalzen aus der Atmosphäre, die Flüssigkeiten müssen daher von Zeit zu Zeit erneuert werden.

Die ersten Arbeiten bezogen sich auf die Entladungen bei atmosphärischem Drucke. Durch sorgfältige Messungen wurden die Potentiale ermittelt, welche nöhtig sind, um Entladungen in verschiedenen Entfernungen hervorzurufen

1) zwischen ebenen Oberflächen,

2) zwischen sphärischen Oberflächen von 3 Zoll (76 Millim.) Krümmungshalbmesser,

3) zwischen concentrischen Cylindern, von denen der äußere 0,4895 Zoll (12,5 Millim.) Durchmesser hat, während der des innern von 0,4733 bis 0,2865 Zoll (12 bis 7,3 Millim.) variirt,

4) zwischen einer paraboloidischen Spitze und einer Scheibe und

5) zwischen zwei paraboloidischen Spitzen.

Die Ergebnisse dieser Messungen sind in der Originalabhandlung [1]) in Tabellen und Diagrammen ausführlich dargelegt. Hier sei nur erwähnt, daß bei ebenen oder schwach convexen Flächen die zur Entladung nöthigen Potentiale nicht der Entfernung proportional sind, sobald letztere klein (unter 0,025 Zoll = 0,64 Millim.) sind, daß sie aber mit wachsender Entfernung mehr und mehr derselben proportinal werden. Damit wird ein früher von Sir W. Thomson aufgefundenes Gesetz bestätigt.

Um die zur Entstehung des Lichtbogens günstigste Form zu finden, wurden Drähte auf einer Drehbank in verschiedener Weise abgedreht, bis man die zweckmäßigste Spitze erhielt; diese wurde dann unters Mikroskop gebracht und mit Hilfe einer Camera lucida abgezeichnet, wobei sich ergab, daß paraboloidische Spitzen die längsten Funken geben.

Bei Anwendung einer Spitze und einer ebenen Scheibe ist die Entfernung, bei welcher der Bogen entsteht, bei niedrigen Potentialen größer, wenn die Spitze negativ ist; zwischen 3000 und 5000 Volt ist es gleichgültig, ob die Spitze oder die Scheibe negativ ist, bei mehr als 5000 Volt aber wird diese Entfernung größer, wenn die Spitze positiv ist.

Der Bildung des Lichtbogens geht bei Anwendung einer Spitze und einer Scheibe oder zweier Spitzen eine Entladung

---

1) Philos. Transactions CLXIX, p. 55.

in Form von Glimmlicht und Lichtstrom voraus, bei welcher zwar im Vergleich zur Entladung durch den Lichtbogen nur sehr geringe Mengen Elektricität übergehen, die aber doch zur vollständigen Erleuchtung einer Vacuumröhre ausreicht.

„Die Entladung von der Spitze aus, wenn diese positiv ist, hat vornehmlich für das unbewaffnete Auge eine stromartige Form, bestehend aus einer undulirenden Lichtlinie, die von einem sehr schwachen, zuckerhutförmigen Lichtschimmer umgeben ist und ein rasselndes oder stark zischendes Geräusch verursacht; ist die Spitze negativ, so hat die Entladung die Form eines Lichtschimmers von paraboloidischer Form, der sich von der Spitze nach der Scheibe hin ausbreitet, aber an ersterer viel heller ist; das Geräusch ist weit geringer als wenn die Spitze positiv ist. Die Scheibe, namentlich wenn sie positiv ist, bedeckt sich bald mit einem pfirsichblüthrothen Schimmer, der die Form Newton'scher Ringe annimmt.

„So schwach der Strom ist, so ist er doch sehr deutlich wegen seiner Helligkeit und des rasselnden oder laut zischenden Geräusches, das er erzeugt; er dauert häufig mehrere Minuten lang, ehe der Funke wirklich zwischen den auf Schlagweite eingestellten Enden überspringt; die Strom-Entladung wird heller unmittelbar vor dem Ueberschlagen und der Bogenbildung, was den Gedanken anregte, daß kleine Theilchen in wachsender Menge von der Spitze zur Scheibe überführt weden mögen und so zur Erzeugung des Funkens beitragen. Zur Prüfung dieser Hypothese wurden die Enden in die Schlagweite eingestellt und mit einem Blasebalg ein continuirlicher Luftstrom zwischen ihnen durchgeschickt; zwar hatte derselbe keine Wirkung auf die Länge des Funkens, aber er lenkte den Lichtbogen ab, wenn derselbe sich bereits gebildet.

„Unter dem Mikroskop scheint die Entladung von der positiven Spitze aus mehreren Lichtströmen zu bestehen, welche sich wie lose gedrehte Dochte um einander winden ..." Fig. 28 zeigt in $2^2/_3$facher Vergrößerung die Lichtströme, die vom positiven Pole P ausgehen und das Glimmlicht an negativen Pole N, wie sie bei einer Batterie von 11000 Zellen auftreten, wenn die Spitzen in einer Verticalen liegen.

Zur genauen Untersuchung der Entladungen wurde ein Mikroskop angewandt, dessen Rohr in einem stumpfen Win-

kel gebrochen war, das Objectivende horizontal, der andere Theil des Rohres schräg aufwärts gerichtet. In dem Rohr war ein Spiegel angebracht, der 1000 Umdrehungen in der Minute machte, wenn die zugehörige Kurbel 200mal umgedreht wurde. Die Lichtströme erscheinen nun im Spiegel als einzelne, in einer zur Achse des Spiegels senkrechten Linie liegende Lichtpunkte mit schweifartigen Verlängerungen, ein Zeichen dafür, daß die Ströme aus Funken bestehen; die Entladungen des negativen Poles stellten sich wie ein helles Blatt mit glänzenden Rande dar, sie waren also stetig.

Fig. 28.



Bei Einschaltung eines großen Widerstandes, z. B. 4 Megohms in den Strom von 8,040 Zellen, änderte sich die Form der Entladung vollständig, indem jetzt in kürzern oder längern Zwischenzeiten eine Reihe glänzender, knisternder Funken, wie bei einer kleinen Leidener Flasche, übersprangen; auch ging die Schlagweite von 0,34 auf 0,30 Zoll (von 8,6 auf 7,6 Millim.) zurück.

Zur Messung der Funkenlänge in verschiedenen Gasen bei atmosphärischen Drucke wurde ein unter einer Glasglocke stehender Mikrometer-Entlader angewandt, der dieselbe bis auf $^1/_{10000}$ Zoll (etwa $^1/_{400}$ Millim.) genau gab. Es ergab sich dabei für die Funkenlänge kein bestimmtes Verhältniß zum specifischen Gewicht oder zur Viscosität des Gases gegen mechanische Wirkungen, weshalb die beiden Physiker den Begriff der elektrischen Viscosität einführen, die der Funkenlänge umgekehrt proportional ist. Bei Anwendung sphärischer Endflächen von 1,5 Zoll Durchmesser und 3 Zoll Krümmungshalbmesser (38 und 76 Millim.) wurden folgende Zahlen gefunden:

Gas.	Absolute Funkenlänge. Zoll	Relative Funkenlänge		Elektrische Viscosität	
		Luft = 1	Wasserstoff = 1	Luft = 1	Wasserstoff = 1
Luft	0,082	1,000	0,547	1,0000	1,828
Wasserstoff	0,150	1,829	1,000	0,5467	1,000
Sauerstoff	0,082	1,000	0,547	1,0000	1,828
Trockne Kohlensäure .	0,077	0,393	0,513	1,0650	1,949

Warren de la Rue und Müller beschreiben dann die verschiedenen Formen des Lichtbogens, der zum Theil, wie bei Luft, ein geschichtetes Aussehen hat, namentlich in der Lichthülle, die den centralen hellen Kern umgiebt.

Zu den mancherlei interessanten Erscheinungen, welche gelegentlich beobachtet wurden, gehört die Anziehung eines Stückes trockenen Glanzpapiers durch die Scheibe des Entladers, wenn das andere Ende eine Spitze bildete. Es erforderte in einzelnen Fällen einen seitlichen Zug bis zu 30,000 Grains, um das Papier über die Scheibe zu ziehen; der gleiche Widerstand konnte durch Auflegen von 129,690 Grains [1]) erzeugt werden.

Als man den beiden Drahtenden gegenüber aus demselben Gasrohre zwei Gasstrahlen ausströmen ließ und dieselben anzündete, wurde die Flamme von dem negativen Ende angezogen, vom positiven abgestoßen, wie Neyreneuf schon vorher für statische Elektricität nachgewiesen hat.

Ferner wurde die Verbrennung von Drähten durch die Entladung studirt. Mit einem Condensator von 42,8 Mikrofarad, geladen mit 3,240 Zellen, gelang die Verbrennung von 10,5 Zoll Platindraht von 0,0125 Zoll (5/16 Millim.) Dicke. Wurden 2½ Zoll Platin-, Gold-, Silber-, Kupfer-, Eisen-, Zink- oder Aluminiumdraht in dichtem Contact mit einer Glastafel durch den Entladungsstrom verbrannt, so zerstäubte derselbe mit einem heftigen Knall, gleich einem Pistolenschuß, und das Metall wurde bis in ziemliche Entfernung fortgetrieben und haftete fest am Glase. Am stärksten war die Zerstäubung in der Mitte des Drahtes, was die Vermuthung wach rief, daß senkrecht zur Entladung eine Kraft thätig sei,

1) 15,42 Grains = 1 Gramm.

die vielleicht eine merkliche Verkürzung des Drahtes herbeiführte. Das letztere wurde aber durch eigens angestellte Versuche nicht bestätigt; wenigstens konnte die Verkürzung eines 8 Zoll langen Drahtes nicht $1/_{13,600}$ Zoll betragen.

Nur wenige Versuche wurden angestellt über die Funkenlänge bei niedrigeren Drücken. Bei sphärischen Enden von 3 Zoll Krümmungshalbmesser 1,5 Zoll Dicke und 8,040 Zellen ergaben sich folgende Werthe:

Druck Millim.	Druck Atmosph.	Funkenlänge Millim.	Funkenlänge bei 1 Atm. = 1	Funkenlänge mal Dichte
760	$\frac{1}{1}$	0,079	1,00	$\frac{1}{1}$ = 1,000
602	$\frac{1}{1,262}$	0,100	1,26	$\frac{1,26}{1,262}$ = 0,999
414,7	$\frac{1}{1,833}$	0,200	2,52	$\frac{2,52}{1,833}$ = 1,375
299,5	$\frac{1}{2,537}$	0,400	5,04	$\frac{5,04}{2,537}$ = 1,986
141,5	$\frac{1}{5,370}$	0,800	10,08	$\frac{10,08}{5,370}$ = 1,876

Sehr umfänglich sind dagegen die Versuche, welche über die Schichtung des Lichtes bei Entladungen durch Vacuumröhren angestellt worden sind. Bekanntlich sind diese prächtigen Erscheinungen zuerst von Abria 1843 beobachtet, dann selbstständig von Gore 1852 wiederentdeckt und später von Gassiot und Anderen studirt worden.

Unangenehm geltend machte sich anfangs die bereits dem Dr. Geißler in Bonn und andern Experimentatoren bekannte Erscheinung, daß mit verdünnten Gasen gefüllte Glasröhren, die anfangs beim Durchgange des elektrischen Stromes die Schichtung des Lichtes in glänzender Weise zeigen, diese Eigenschaft sehr bald verlieren. Es scheint, daß dies bei Anwendung einer kräftigen Batterie noch rascher eintritt als bei Benutzung eines Inductoriums. Nachdem daher Warren de la Rue und Müller längere Zeit mit Röhren von Geißler, Gebr. Alvergniat in Paris und Hicks in Hatton Garden (London)

experimentirt hatten, zu ihrem Verdrusse aber die Versuche aus dem angegebenen Grunde nicht oft genug wiederholen konnten, gingen sie selbst an die Füllung und Evacuirung der Röhren. Dieselben waren gegen 32 Zoll (813 Millim.) lang, 1,75 bis 2 Zoll (44,3 bis 50,8 Millim.) weit und an den Enden mit Glashähnen versehen; die Enden des Leitungsdrahtes, aus Aluminium, waren etwa 29 Zoll (739 Millim.) von einander entfernt, das eine war ringförmig, das andere rechtwinklig gebogen, so daß das freie Ende in die Röhrenachse kam; die Erscheinungen sind dann verschieden, je nachdem das eine oder das andere Ende positiv wird. Zum Auspumpen dieser Röhren wurden Alvergniat'sche Wasserluftpumpen unter Benutzung einer Hochdruckwasserleitung (Druckhöhe 106 Fuß = 32 Meter) und eine Sprengel'sche Quecksilberluftpumpe verwendet, mit deren Hilfe eine Röhre von der angegebenen Größe bis zu 0,002 Millim. Druck ($\frac{1}{2,000,000}$ Atmosphäre) evacuirt werden konnte, so daß der Strom von 8040 Zellen nicht mehr durchging.

Zur Messung der Potentialdifferenz wurden an verschiedenen Stellen der Röhre kleine Metallsonden angebracht, die durch die Glaswand gingen, im Innern in Ringe oder Spitzen endeten und mit einem Elektrometer verbunden waren. Die Potentialdifferenz zwischen zwei Punkten nimmt nun, wie sich ergab, bei einer Einschnürung der Röhre wesentlich zu, und diese Zunahme hängt mehr von ihrem Durchmesser als von ihrer Länge ab. In einer cylindrischen Röhre ist die Potentialdifferenz am größten nahe der negativen Elektrode, kleiner an der positiven und am kleinsten zwischen beiden, wo sie nahezu der Länge proportional wächst.

Indem wir betreffs der Einzelheiten dieser Versuche auf die citirten Quellen verweisen, müssen wir uns mit der Angabe der hauptsächlichsten Ergebnisse begnügen. Es sind dies folgende:

1. Die Entladung in einer Vacuumröhre unterscheidet sich nicht wesentlich von derjenigen in Luft und andern Gasen bei gewöhnlichem atmosphärischen Drucke; sie kann nicht als ein Strom in der gewöhnlichen Bedeutung des Wortes betrachtet werden, sondern muß von der Natur einer disruptiven Entladung sein, indem die Molekeln des Gases als Träger

der Elektricität wirken. Die Gase empfangen aller Wahrscheinlichkeit nach Impulse in zwei zu einander rechtwinkligen Richtungen, wobei der von der negativen Seite der mehr continuirliche ist. Metall wird häufig von den Drahtenden mit fortgeführt und auf der Innenseite der Röhre abgelagert, so daß ein dauerndes Zeugniß für die Räume zwischen den Schichten erhalten wird.

2. In dem Maße, wie die Verdünnung vorschreitet, wird das zum Durchgange eines Stromes erforderliche Potential kleiner bis zu einem gewissen Punkte, von dem aus es wieder wächst; die Schichten werden dichter und ihre Anzahl vermindert sich, bis ein Punkt erreicht ist, bei welchem, ungeachtet der beträchtlichen in Anwendung kommenden elektromotorischen Kraft, keine Entladung durch den Rest des Gases mehr zu entdecken ist.

3. Alle Schichten haben ihren Ursprung am positiven Pole. Zuerst entsteht bei einem gewissen Drucke ein Lichtschimmer am positiven Ende, und wenn dann die Verdünnung allmählich weiter vorschreitet, löst sich derselbe los und bewegt sich nach dem negativen Ende hin, während andere Lichtmassen ihm folgen, deren Zahl bis zu einem gewissen Punkte wächst.

4. Bei demselben Potentiale ändern sich die Erscheinungen unregelmäßig mit der Intensivität des Stromes. In manchen Röhren wächst und fällt die Anzahl der Schichten mit der Vermehrung und Verminderung des Stromes; in andern Röhren wieder wächst häufig die Zahl der Schichten bei einer Verminderung des Stromes. Ist die Stromquelle ein Condensator, so nähern sich mit abnehmender Spannung die Schichten der Reihe nach dem positiven Pole und verschwinden daselbst.

5. Ein Wechsel des Stromes bewirkt häufig eine vollständige Veränderung in der Farbe der Schichten, z. B. in einer Wasserstoffröhre von Kobaltblau in Blaßroth. Auch das Spectrum der Schichten ändert sich; übrigens sind die Spectren der leuchtenden Enden und die Schichten verschieden.

6. Wenn die Entladung unregelmäßig und die Schichtung undeutlich ist, so macht eine Aenderung der Stromstärke die Schichten deutlich und beständig. Meist wird dies erreicht durch sorgfältige Einschaltung eines äußern Widerstandes; bei weiterer Vermehrung desselben tritt dann eine neue Phase der

Unbeständigkeit, bei noch weiterer eine andere Phase beständiger, deutlicher Schichtung ein.

7. Die größte Hitze ist in der Nähe der Schichten, wie man am besten bei nur einer Schicht oder einer kleinen Zahl beobachtet, die durch breite Zwischenräume getrennt sind. Auch bei dunkeln Entladungen zeigen sich an einzelnen Stellen starke Wärmeentwicklungen.

8. Selbst wenn die Schichten scheinbar ganz beständig sind, hört man bei Einschaltung eines Telephons Schwankungen des Stromes, die aber nicht mit der Schichtung zusammenhängen müssen.

9. Durch eine Röhre, welche durch eine Glaswand in zwei Kammern getheilt ist, geht kein Batteriestrom, und dieselbe kann nur durch alternirende Entladungen erleuchtet werden.

10. In derselben Röhre und mit demselben Gase läßt sich eine große Mannigfaltigkeit der Erscheinungen durch Veränderung des Druckes und des Stromes erzeugen.

11. Bei dem gleichem Drucke und mit demselben Strome beeinflußt der Durchmesser der Röhre den Charakter der Entladung und die Form und Dichte der Schichtung.

William Crookes hat den dunkeln Raum, der am negativen Pole einer Entladungsröhre beobachtet wird, wenn man den Funken einer Inductionsrolle durchgehen läßt, näher untersucht und die Hauptergebnisse in einer der Royal Society in London am 5. December vorigen Jahres vorgetragenen Arbeit über die Erleuchtung der Linien molekularen Druckes und die Bahn der Molekeln kurz zusammengefaßt [1]).

Wenn man mittelst einer elektrischen Ladung starke molekulare Schwingungen in einer Metallscheibe erregt, die als negative Elektrode in einer Entladungsröhre angebracht ist, so entsteht eine molekulare Störung, die sich über die Oberfläche der Scheibe und das umgebende Gas erstreckt und sich durch den dunkeln Raum an der Scheibe kund giebt. Bei größerer Dichte des Gases reicht die Störung nur in geringe

1) Proceedings of the Royal Soc. XXVIII, p. 103—111; Comptes rendus LXXXVIII, p. 174, 283, 378, 743; Nature XIX, p. 137; Beiblätter z. d. Ann. der Physik III, S. 313.

Entfernung, letztere wächst aber mit fortschreitender Verdünnung: bei 0,078 Millim. Druck erstreckt sich der dunkle Raum in Form eines abgeplatteten Sphäroids bis in 8 Millim. Abstand von der Scheibe. Der Durchmesser dieses dunkeln Raumes variirt ferner mit der Natur des Gases: bei gleichen Graden der Verdünnung ist er am größten in Wasserstoff und am kleinsten in Kohlensäure in Vergleich mit Luft. Ferner ist er abhängig von der Temperatur des negativen Poles und in geringerem Grade auch von der Intensität des Funkens. Gestalt und Größe des dunkeln Raumes sind unabhängig von dem Abstande der beiden Pole, sowie — in der Hauptsache wenigstens — von der Stärke der Batterie; wenn aber die letztere sehr groß ist, so ist der Glanz der dem dunkeln Theile benachbarten Theile der Röhre so stark, daß dieser Theil selbst nur schwierig wahrzunehmen ist.

Diese sichtbare dunkle Schicht hält nun Crookes für dem Wesen nach identisch mit der unsichtbaren Schicht molekularen Druckes, auf welche er die Radiometererscheinungen zurückführt, und er hat zahlreiche Versuche angestellt, um die Richtigkeit dieser Ansicht nachzuweisen. Ein solcher Versuch ist der folgende:

Es wird ein gewöhnliches Radiometer hergestellt, dessen Flügel aus Aluminiumblech bestehen, die auf der einen Seite mit Glimmer bedeckt sind. Das Rad ruht auf einer Stahlspitze, die in leitender Verbindung mit dem negativen Pole eines Inductoriums steht. Der andere Pol ist im obern Theile der Radiometerkugel angebracht.

Verdünnt man nun das Gas allmählich und läßt den elektrischen Strom in der angedeuteten Richtung durchgehen, so zeigt sich an der metallischen Seite der Flügel ein violetter sammetartiger Schein, die Glimmerseite bleibt dunkel. Schreitet die Verdünnung weiter fort, so tritt zwischen der Metallfläche und dem Scheine ein dunkler Raum auf. Bei einem Druck von $1/2$ Millim. erstreckt sich derselbe bis an das Glas und die positive Rotation beginnt. Bei noch weiterem Auspumpen erweitert sich der dunkle Raum und scheint sich am Glase abzuplatten, die Rotation wird sehr rasch.

Wenn Aluminiumschalen statt der Platten angewandt werden, so sind ähnliche Erscheinungen zu beobachten: der violette Schein tritt auf beiden Seiten der Schale auf; der

dunkle Raum erweitert sich bei fortgesetzter Verdünnung, behält aber fast vollständig die Form der Schale; der helle Rand des dunkeln Raumes concentrirt sich auf der hohlen Seite der Schale zu einem leuchtenden Brennpunkte und dehnt sich auf der entgegengesetzten Seite aus. Bei noch weiterer Verdünnung berührt der dunkle Raum auf der convexen Seite das Glas, während die positive Rotation beginnt, und diese wird sehr rasch in dem Maße wie der dunkle Raum weiter wächst und sich schließlich an dem Glase abplattet.

Zum besseren Studium der Erscheinung wurde der schalenförmige negative Pol fixirt. Man beobachtet dann sehr deutlich bei fortschreitender Verdünnung die Convergenz der Kraftlinien nach einem Focus auf der concaven Seite. Der dunkle Raum hat dann, wenn er bedeutend größer wird als die Schale, eine unregelmäßige ellipsoidähnliche Gestalt, die nach dem Focalpunkte zu eingezogen ist. Innerhalb der leuchtenden Begrenzung sieht man einen zweiten Brennpunkt von dunkelviolettem Lichte, und da die Strahlen auf der andern Seite des Focus wieder auseinander gehen, indem sie sich über den Rand des dunkeln Raumes erstrecken, so hat das Ganze eine auffallende Aehnlichkeit mit den Strahlen der Sonne, die von einem convexen Spiegel durch eine neblige Atmosphäre reflectirt werden.

Bei sehr starker Verdünnung erfüllt der dunkle Raum die Röhre. Eine sorgfältige Untersuchung läßt den dunkelvioletten Focus noch erkennen, und an der Stelle des Glases, wo dasselbe von den vom Focus ausgehenden Strahlen getroffen wird, zeigt sich ein scharf begrenzter Fleck von grünlichgelber Farbe. Bei noch weiterem Auspumpen, namentlich wenn man die Schale positiv macht, erscheint die ganze Kugel von grüngelbem Phosphorescenzlichte schön erhellt. Dieses Phosphorescenzlicht ist für hohe Grade der Verdünnung sehr charakteristisch; es muß aber bemerkt werden, daß seine specielle Farbe von der Beschaffenheit des Glases abhängt (im angegebenen Falle wurde weiches deutsches Glas benutzt). Die Phosphorescenz findet nur unter dem Einflusse des negativen Poles statt. Bei einer Verdünnung von 4 M[1]) wird kein

1) Mit M bezeichnet Crookes ein Milliontel-Atmosphäre.

anderes als Phosphorescenzlicht in dem Apparate beobachtet; bis 0,9 M erreicht die Phosphorescenz ihr Maximum, bis 0,15 M geht der Funke nur noch schwierig über und das grüne Licht tritt bloß von Zeit zu Zeit blitzartig auf; bei 0,06 M ist das Vacuum fast nicht leitend und der Funke kann nur durch Vermehrung der Intensität der Inductionsspule und gute Isolirung zum Durchgang genöthigt werden.

Genauere Beobachtung an einem eigens construirtem Apparate zeigte, daß der Focalpunkt des grünen Phosphorescenzlichtes im Krümmungsmittelpunkt der Schale liegt, woraus ersichtlich, daß die denselben bildenden Molekeln in einer zur Polfläche senkrechten Richtung fortgestoßen werden. Ehe die für das Auftreten des grünen Lichtes günstigste Verdünnung erreicht wird, tritt ein anderer Focus von blauviolettem Licht auf, der sich weiter und weiter vom Pole entfernt, wenn die Evacuirung fortschreitet. In dem erwähnten Apparate waren bei einer Verdünnung von 19,3 M beide Foci zugleich sichtbar, der grüne im Krümmungsmittelpunkte, der andere in fast doppelter Entfernung.

Als charakteristische Eigenschaften des grünen Phosphorescenzlichtes, durch welche es sich von dem gewöhnlichen Lichte unterscheidet, führt Crookes folgende an:

a) Der grüne Focus ist nicht innerhalb des Radiometergefäßes sichtbar, sondern nur wo die Strahlen das Glas treffen.

b) Die Lage des positiven Poles hat kaum einen Einfluß auf Richtung und Intensität der Kraftlinien, die das grüne Licht erzeugen.

c) Das Spectrum des grünen Lichtes ist continuirlich mit wenigen rothen und blauen Strahlen. Während bei geringeren Graden der Verdünnung das Spectrum des Lichtes in der Entladungsröhre wesentlich abhängt von der Natur des Gases, konnte in dem grünen Lichte kein Unterschied wahrgenommen werden, mochte das zurückgebliebene Gas Stickstoff, Wasserstoff oder Kohlensäure sein.

d) In verschiedenen Gasen tritt das grüne Licht bei verschiedenen Graden der Verdünnung auf.

e) Die Viscosität (Zähigkeit) des Gases ist eine fast ebenso charakteristische Eigenschaft wie sein Spectrum. Zwischen 240 M

und 0,1 M ändert sie sich nur wenig; wenn aber das Spectrum zu verschwinden anfängt, so beginnt sie auch abzunehmen, und wenn das grüne Phosphorescenzlicht am glänzendsten erscheint, ist sie ganz unmerklich geworden.

f) Die Strahlen, welche das grüne Phosphorescenzlicht erregen, können nicht im geringsten Grade um eine Ecke biegen, sondern strahlen von den negativen Polen in geraden Linien aus und entwerfen scharf begrenzte Schatten von allen Gegenständen, die sich in ihrem Wege befinden. Ganz anders ist dies bei dem gewöhnlichen Lichtscheine der Vacuumröhren.

Diese Schatten hat Crookes genauer untersucht und nie eine Spur grünen Lichtes in ihnen gefunden.

Aus diesen und andern Versuchen zieht er nun den Schluß, daß der Inductionsfunke die durch die elektrische Erregung am negativen Pole erzeugten Linien molekularen Druckes erleuchtet. Die Dicke des dunkeln Raumes ist das Maaß für die mittlere Länge des Weges zwischen zwei auf einander folgenden Zusammenstößen der Molekeln. Der Ueberschuß von Geschwindigkeit, mit welchem die Molekeln von dem erregten negativen Pole wieder fortfliegen, hält die sich langsamer nach diesem Pole hin bewegenden Molekeln zurück. Der Zusammenstoß findet an der Grenze des dunkeln Raumes statt, wo auch der leuchtende Rand Zeugniß giebt von der Stärke der Entladung.

Wenn das Gas soweit verdünnt ist, daß die mittlere Weglänge größer ist als der Abstand zwischen den Flügeln und dem Glas, so übertragen die zurückprallenden Molekeln ihre lebendige Kraft, ganz oder zum Theil, an die Glaswand, entweder direct oder durch Vermittlung der auf dieser condensirten Gasschicht, und erzeugen so das Phosphorescenzlicht. Das Licht geht vom Glase aus und wird von der Fluorescenz oder Phosphorescenz der Oberfläche erzeugt; es ist um so heller, je besser die Glasfläche fluorescirt. Die auftretenden Schatten sind keine optischen, sondern molekulare, die nur durch eine gewöhnliche Erleuchtung sichtbar werden.

Crookes machte ferner den Versuch, daß er ein dünnes Uranglasplättchen, welches die Farben dünner Plättchen zeigte, innerhalb einer Entladungsröhre, welche bis zu einem Drucke von wenig M evacuirt war, einer dicken Platte desselben Glases

gegenüber stellte. Es wurden dann folgende Erscheinungen beobachtet:

a) Das Plättchen, welches dem negativen Pol zunächst ist, wirft einen kräftigen Schatten auf die Platte.

b) Bei Herstellung des Contactes mit der Inductionsspirale leuchtet das Plättchen plötzlich auf seiner ganzen Fläche mit gelblichem Phosphorescenzlichte, das aber augenblicklich wieder verschwindet. Der unbedeckte Theil der Platte wird erst allmählich leuchtend, phosphorescirt aber dann so lange die Spirale wirkt.

c) Mit einem äußerst schwachen Funken bleibt das Plättchen leuchtender als die Platte; nimmt aber die Intensität des Funkens zu, so nimmt das Leuchten des ersteren ab, das des unbedeckten Theils der Platte zu.

d) Bei einmaliger intensiver Erleuchtung leuchtet die dünne Platte hell, die dicke bleibt dunkel.

Diese Versuche sprechen gegen die Annahme, daß die Phosphorescenz eine Wirkung der Strahlung von phosphorescenzerregendem ultravioletten Licht ist, das von einer dünnen Schicht von Molekeln ausgeht, die an der Glasoberfläche haften geblieben; denn wäre dies der Fall, so könnte das Plättchen unter keiner Bedingung heller leuchten als die dicke Platte. Die momentane Phosphorescenz des Plättchens und deren rasches Verschwinden beweist aber noch mehr: das Bombardement der Molekeln ist zu stark für die dünne Platte, sie antwortet zunächst darauf, wird aber gleich erhitzt und hört dann auf zu leuchten, während bei der dicken Platte keine hinlänglich starke Erhitzung eintritt.

Die fortgeschleuderten Molekeln übten aber auch eine mechanische Wirkung aus: im Momente der Schließung des Stromes wich das dünne Plättchen zurück, während es zugleich phosphorescirend wurde, ein Zeichen eines directen Stoßes. Dasselbe wurde auch durch Versuche mit einem kleinen Flügelrade nachgewiesen, welches Crookes an verschiedene Stellen in der Entladungsröhre stellte; in dieselbe Röhre wurde noch eine Aluminiumplatte gestellt, die einen Schatten warf: ganz innerhalb und ganz außerhalb des Schattens stand das Rad beim Durchgang des Stromes still, zur Hälfte im Schatten rotirte es.

Crookes zeigte dann, daß der Strom der Molekeln, deren

Stoß gegen das Glas dieses zum Leuchten bringt, von Magneten abgelenkt wird, und er hat die Gesetze dieser Ablenkung näher untersucht.

Weitere Mittheilungen hat er dann über die physikalischen Erscheinungen in stark verdünnten Gasen gegeben in einer Mittheilung an die Royal Society am 4. April dieses Jahres. Ein besonderes Interesse gewinnen diese Untersuchungen noch dadurch, daß Crookes, mit Wiederaufnahme eines Faraday'schen Gedankens, in einer so starken Verdünnung, bei welcher die mittlere Weglänge der Molekeln von derselben Größe wie die Dimensionen des Gefäßes ist, einen vierten Aggregatzustand, den Ultra-Gaszustand der Materien erblickt, wie er dies in einem vor der British Association in Sheffield am 22. Aug. dieses Jahres gehaltenen Vortrage[1]) über strahlende Materie näher ausgeführt hat.

Elektrisches Licht.

Wie bereits im vorigen Jahrgange dieses Jahrbuchs, S. 238, erwähnt wurde, gewinnt die elektrische Beleuchtung in der neuesten Zeit mehr und mehr an praktischer Bedeutung, seitdem eine Reihe mehr oder minder erfolgreicher Versuche zur Theilung des elektrischen Lichtes, d. h. zur Einschaltung mehrerer Lampen von geringerer Leuchtkraft in denselben elektrischen Strom, statt einer einzigen mit intensivem Lichte, gemacht worden sind. Namentlich war es die großartige Beleuchtung des Platzes vor der großen Oper, der Avenue de l'Opéra und des Concordienplatzes in Paris, welche die Besucher der vorjährigen Weltausstellung bewundern konnten, die viel dazu beigetragen hat, das Interesse für diesen Gegenstand allerorten zu wecken. In Paris besteht eine eigene Gesellschaft für elektrische Beleuchtung, die Société générale d'Electricité, die mit einem Kapitale von 7 ½ Million Franc gegründet wurde und nach Ablauf des ersten Geschäftjahres — 1. April bis 31. December 1878 — einen Nettogewinn von 460,328 Fr. ergab. Die Betriebskosten sollen sich in dieser Zeit um 50 Proc., die der Maschinen um 30 Proc. vermindert haben.

---

1) Eine deutsche Ausgabe dieses Vortrags durch die Verlagshandlung dieses Jahrbuchs ist in Vorbereitung.

Außer dem System Jabloschkoff verwendet die Gesellschaft noch sechs andere Systeme. Die Erleuchtung auf den oben erwähnten Stellen erfolgt durch Jabloschkoff'sche Kerzen, von denen je 4 in einer matten Glocke aus dickem Glase stehen. Je 4 solcher Lampen stehen in einem Stromkreise und je eine Gramme'sche Maschine, getrieben von einer Dampfmaschine von 20 Pferdestärken, liefert 4 Stromkreise. Eine Kerze brennt etwa $1 \frac{1}{2}$ Stunde, dann macht ein Arbeiter die Runde und schaltet durch Drehen eines Handgriffes eine andere ein.[1])

In Deutschland stellten Siemens und Halske in Berlin die ersten Versuche in größerem Maßstabe an, indem sie zunächst mit Benutzung ihrer dynamoelektrischen Maschine die großen Räume ihrer Fabrik mit Jabloschkoff'schen Kerzen erleuchteten, worauf dann diese Beleuchtung auch bei der Reichspost-Verwaltung, sowie in mehreren größeren Fabrik- und Verkaufs-Etablissements Eingang fand. Die Jabloschkoff'schen Kerzen leiden allerdings noch an manchen Uebelständen: das Licht ist nicht so ruhig, wie es namentlich für Arbeitsräume und Lesezimmer erforderlich ist; es löschen oft alle Kerzen aus, wenn eine der in derselben Stromleitung befindlichen erlischt oder wenn die Geschwindigkeit der treibenden Maschine variirt, ohne sich von selbst wieder zu entzünden.

Welche Bedeutung für die Praxis man in England Erfindungen auf diesem Gebiete beimißt, geht aus dem erheblichen Sinken des Börsencurses der Gasactien hervor, als im Herbste vorigen Jahres die Welt mit der Nachricht überrascht wurde, dem berühmten Erfinder des Phonographen, Edison, sei die Theilung des elektrischen Lichtes und die Versorgung einer größeren Anzahl Lampen durch dieselbe Stromquelle auf eine einfache Weise gelungen, die sogar die Benutzung gewöhnlicher Gasarme und Kronleuchter zur Verbreitung des Lichtes gestatte. Es sollen damals etwa 12 Millionen Pfund Sterling an Actien-Capital momentan werthlos geworden sein. Edisons Erfindung hat allerdings, um dies gleich hier zu erwähnen, den in sie gesetzten Erwartungen bis jetzt nicht entsprochen.

Die Edison'sche elektrische Lampe beruht nämlich darauf, daß ein genügend starker elektrischer Strom beim Durch-

1) Journal f. Gasbeleuchtung 1878, S. 559.

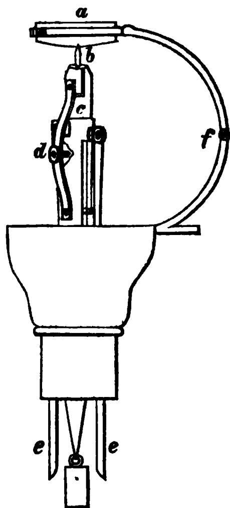
gange durch eine feine Platinspirale dieselbe zum Weißglühen bringt. Es ist nun keineswegs ein neuer Gedanke, dieses Licht zu benutzen; wie aus einem Bericht von Jobart in den Comptes rendus der Pariser Akademie vom 27. Februar 1858 ersichtlich, hat vielmehr schon damals Dr. Chanzy auf solche Weise 12 Grubenlampen durch ebensoviele Bunsenelemente elektrisch erleuchtet. Auch erfand derselbe einen Regulator, welcher das Schmelzen der Drahtspiralen bei zu starker Erhitzung vermeiden sollte. Es ist indessen Dr. Chanzy nicht gelungen, seine Erfindung in die Praxis einzuführen. Das Wesentliche bei der Edison'schen Lampe scheint nun der Regulator zu sein, der das Schmelzen der glühenden Spirale verhütet. Derselbe besteht aus einer kleinen Metallstange, die sich bei zu starker Erhitzung der Spirale soweit ausdehnt, daß sie einen Contact berührt, wodurch ein Widerstand in den Strom eingeschalten und so die Stärke des letzteren vermindert wird.[1]) Nach neueren Nachrichten wendet Edison statt reinen Platins gegenwärtig eine Legirung dieses Metalles zu seinen Spiralen an, und es kostet eine Spirale nur noch 56 Cents (2,35 Mark)[2]). Diese Spirale windet er um einen kleinen Cylinder von Zirkonerde[3]), welcher durch den glühenden Draht zur Weißgluth erhitzt wird. Eine Glasglocke von 3 bis 4 Zoll (76 bis 102 Millim.) Durchmesser umschließt das Ganze. Ob diese Verbesserungen im Stande sind, die Erfindung lebensfähig zu machen und ob dadurch das Problem der Theilung des elektrischen Lichtes wirklich in ökonomischer Weise gelöst ist, bleibt indessen noch abzuwarten.

Beachtenswerther als die Edison'sche ist jedenfalls die Erfindung eines in London lebenden Deutschen, Richard Werdermann[4]), mit welcher zuerst Ende October vorigen Jahres in London Versuche angestellt wurden. Bei der Werdermann'schen Lampe, deren Einrichtung aus der Skizze Fig. 29 ersichtlich, geht der elektrische Strom, wie bei älteren Anordnungen, zwischen zwei Kohlenenden über und bildet hier in der Luft einen Lichtbogen. Werdermann hat nun über die

1) Dingl. pol. Journ. Bd. 231, S 185, u. Bd. 232, S. 328.
2) Allg. Ztg. vom 23. Juli 1879, Nr. 204, S. 2984.
3) Nature XX, p. 326.
4) Nature XIX, p. 16, 37; Dingl. pol. Journ. Bd. 231, S. 34.

zweckmäßigste Form der Kohlen besondere Untersuchungen angestellt. Haben bei einer elektrischen Lampe die beiden Kohlenelektroden gleichen Querschnitt, so entsteht bekanntlich da, wo der Lichtbogen übergeht, in der positiven Elektrode eine Vertiefung oder ein Krater, der vom elektrischen Strome zur Weißgluth erhitzt wird, wogegen die negative Elektrode eine konische Form erhält, nur rothglühend wird und nicht merklich leuchtet. Werdermanns Untersuchungen ergaben nun, daß bei Vermehrung des Querschnittes der positiven Elektrode das von dieser ausgehende Licht schwächer und schwächer wird, bis es endlich ganz verschwindet, wogegen die Erhitzung der negativen Elektrode zunimmt, bis sie endlich leuchtend wird. Wenn man umgekehrt den Querschnitt der negativen Elektrode vermehrt, so vermindert sich die Erhitzung derselben, so wie ihr Licht und in Folge dessen wird auch die Abnutzung dieser Elektrode immer geringer und endlich fast unmerklich. Das Licht, welches die positive Elektrode ausstrahlt, wird gleichzeitig immer intensiver und statt eines Kraters bildet sich auf derselben ein Kegel, wie früher auf der negativen Elektrode. In dem Maße aber, wie der Unterschied der Querschnitte der Elektroden wächst, wird die Entfernung, in welche sich zwischen ihnen der Voltabogen bildet, kleiner, und schließlich erhält man das elektrische Licht nur noch bei scheinbarer Berührung der beiden Kohlen, wobei auf der negativen eine etwa 1/8 Zoll hohe Ablagerung von Graphit zu bemerken ist, die etwa 1/4 des Querschnitts der positiven Elektrode hat.

Fig. 29.



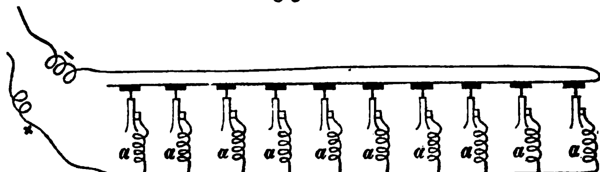
Diese Erfahrungen führten Werdermann darauf, der negativen Elektrode a, die er zu oberst stellt, die Gestalt einer brotförmigen Scheibe von 2 Zoll (51 Millim.) Durchmesser und ungefähr 1 Zoll (25,4 Millim.) Dicke zu geben. Sie wird von einem Kupferring umfaßt, welcher an dem Bügel f sitzt, der wieder mit dem am Fuße der Lampe befindlichen

Conductor e′ in leitender Verbindung steht; damit man den Metallring behufs Einsetzung eines neuen Kohlenstückes zurückschlagen kann, ist der Bügel f mit einem Scharnier versehen. Die positive Elektrode b hat die Form eines (bei kleinern Lampen) 3 Millim. dicken, am obern Ende zugespitzten Stiftes, und gleitet in die Röhre c, die mit dem Conductor e verbunden ist; aus dieser Röhre steht der Kohlenstift um etwa 3/4 Zoll vor, welche Länge beim Durchgange des Stromes glühend wird, seine Spitze berührt die andere Elektrode. Um die Berührungsstelle bildet sich dann ein kleiner Lichtbogen, und diesem ist der größte Theil des Lichteffectes zuzuschreiben, nicht dem glühenden Stifte. Um die Elektroden in Berührung zu erhalten, ist an dem untern Ende von b eine Kette angebracht, welche über eine Rolle läuft und ein Gewicht von etwa 1 1/2 Pfund trägt; der Druck kann durch die Feder d regulirt werden. Die Leitungsdrähte für den Strom sind an e und e′ angebracht.

Bei den Versuchen, die Ende Octobers vorigen Jahres auf dem Werke der British Telegraph Manufactory in Euston Road, London, angestellt wurden, handelte es sich vorzugsweise um den Nachweis, daß eine Anzahl Lampen von einem und demselben Strome stetig unterhalten werden können. Als Stromquelle wurde eine kleine Gramme'sche Maschine benutzt, die zu ihrem Betriebe 2 Pferdestärken erforderte und nicht für Lichterzeugung, sondern zu galvanoplastischen Zwecken bestimmt war; ihre elektromotorische Kraft kam etwa der von 4 Daniell'schen Zellen gleich. Anfangs wurden zwei große, zur Straßenbeleuchtung bestimmte Lampen eingeschaltet, die ein weißes, vollständig stetiges Licht gaben ohne alles Flackern, ohne blaue oder purpurne Strahlen, wie sie sonst häufig beim elektrischen Lichtbogen beobachtet werden. Die Leuchtkraft jeder Lampe wurde zu 320 Normalkerzen geschätzt. Nachdem einige Zeit verstrichen, wurden 10 kleine Lampen eingeschalten. Auch jetzt war das Licht vollständig stetig, beim Auslöschen einer Lampe blieben die andern ungestört in Thätigkeit, aber die Leuchtkraft war doch merklich reducirt, sie wurde gleich 40 Normalkerzen für jede Lampe geschätzt. Die Art der Einschaltung ist aus dem Diagramm Fig. 30 ersichtlich. Die dicken Drähte + und — verbinden die Lampe mit der Maschine, die

erste Lampe am + Drahte ist die letzte am — Drahte. Die Spiralen a sind besondere, in die einzelnen Lampen eingeschaltete Widerstände, welche den getheilten Strom für kleine

Fig. 30.



Aenderungen des Widerstandes in den einzelnen Lampen weniger empfindlich machen. Die Abnutzung der Stifte beträgt bei kleinen Lampen 1 1/2 bis 2 Zoll (38 bis 51 Millim.) stündlich, bei größern Lampen, wo man 4 1/2 Millim. dicke Stifte anwendet, 2 1/2 bis 3 Zoll (64 bis 76 Millim.). Die Stifte wurden aus Paris bezogen und es kostete der Yard (0,91 Meter) ungefähr einen Franc. Im letzten Frühjahr ist das Werdermann'sche elektrische Licht auch in Paris mit günstigem Erfolge probirt worden, wo es zuerst von Bequerel bei seinen Vorlesungen im Conservatoire des Arts et Metiers im März vorgeführt wurde.

Auch Siemens und Halske ist neuerdings die Theilung des elektrischen Lichtbogens durch Anwendung selbstthätiger Regulatoren gelungen, wie die von ihnen ausgeführte elektrische Beleuchtung der einen Annex der diesjährigen Berliner Gewerbe-Ausstellung bildenden Kaiser-Gallerie bezeugte. Bei den neuen „Differential-Lampen" dieser Firma regulirt nicht, wie bei älteren Lampen, die im gesammten Leitungskreise thätige Stromstärke den Abstand der Kohlenstäbe, zwischen denen der Lichtbogen entsteht, sondern durch eine Nebenschließung wird der Leitungswiderstand jedes einzelnen Lichtbogens selbstthätig corrigirt. Dasselbe Princip der Regulirung des Lichtbogens durch Nebenschließungen haben Siemens und Halske auch schon früher angewandt, und eine nach demselben construirte Lampe war bereits auf der Wiener Ausstellung zu sehen; aber erst in neuester Zeit gelang es dem Vorstande des Constructions-Bureaus dieses Etablissements, Fr. von Hef-

ner-Alteneck, durch Einführung einer sehr sinnreichen Differentialeinrichtung des elektrischen Stromes ebenso einfache als vollständig sicher wirkende Lampen zu construiren. Theoretisch lassen sich beliebig viele solcher Lampen in einen Leitungskreis bringen, doch müßte bei einer zu großen Anzahl die elektromotorische Kraft der Maschine eine für ihre Erhaltung gefährliche Größe erhalten. Auch vermindert sich bei fortgesetzter Theilung die Lichtstärke in hohem Grade. Man wird sich deshalb wahrscheinlich damit begnügen, höchstens noch einmal soviel Lampen als Jabloschkoff'sche Kerzen in den Leitungskreis einer Wechselstrom-Maschine einzuschalten. Vor diesen Kerzen haben die Differentiallampen auch noch den Vortheil, daß ein Erlöschen einzelner Lampen des Kreises nicht eintreten kann, wenn nicht ein absoluter Stillstand der Maschine oder ein Bruch der Leitung eintritt, und daß die Lampen selbstthätig ihr Licht wieder anzünden, wenn durch solche äußere Umstände ein Erlöschen eingetreten sein sollte; auch kann man vorübergehend die eine oder die andere Lampe im Stromkreise auslöschen, ohne die übrigen zu stören. Endlich sind auch die Kosten der Kohlenstäbe in den Lampen geringer als die der Kerzen[1]).

Auch der französische Physiker Jamin hat sich neuerdings mit dem Probleme der Theilung des elektrischen Lichtes beschäftigt und am 28. April d. J. der Pariser Akademie das Modell eines elektrischen Brenner's vorgelegt[2]). Die beiden Kohlenenden, zwischen denen der Lichtbogen sich bildet, werden durch zwei isolirte Kupferröhren parallel gehalten, die 2 bis 3 Millim. von einander entfernt sind; in denselben gleiten die Kohlen mit Reibung, und sie dienen zugleich zur Zuführung des Stromes. Sie sind umgeben mit einem „Richtstrome" (circuit directeur), aus 5 bis 6 auf einen rechteckigen Rahmen von 40 Centim. Länge und 15 Centim. Breite aufgewickelten Windungen. Wenn dieser Draht von demselben Strome wie die Kohlen durchströmt wird, so fixirt er den elektrischen Bogen am Ende der Spitzen Die beiden Kohlenenden sind mit einem Kautschuckband umgeben, das sie gegen einander preßt.

1) Allg. Ztg. 1879 S. 2277.
2) Comptes rendus, LXXXVIII, p. 829.

Zwischen sie wird ein kleines Stück Eisendraht geklemmt, das ins Glühen geräth, wenn der Strom geschlossen wird; der Kautschuck schmilzt dann, die Spitzen gehen auseinander und der Lichtbogen bildet sich mit einer Art Explosion.

Die Kohlen kann man von verschiedener Dicke, bis zu 8 Millim. Durchmesser anwenden, in welchem Falle die stündliche Abnutzung kaum mehr als 8 Centim. beträgt. Durch einen Mechanismus können die Enden in ihrer Anfangslage erhalten werden. Da die Kohlen von Carré bis zu 1 Meter Länge hergestellt werden, so kann die Lampe 12 Stunden lang brennen. Uebrigens sind die Kohlenenden nicht zu spitzen, auch weder durch eine isolirende Masse zu trennen, noch mit einer unbrennbaren Substanz zu umgeben.

Der Lichtbogen gestaltet sich etwas anders, je nachdem man die Kohlenenden nach oben oder nach unten richtet. Im ersten Falle wirken der Richtstrom und der aufsteigende Luftstrom in gleichem Sinne auf den Lichtbogen und suchen ihn nach oben zu treiben, sie verlängern ihn also, machen ihn leichter zerreißbar und schwächen die Stromstärke, daher man weniger Lampen in denselben Stromkreis schalten kann. Bei der andern Stellung ist es umgekehrt: hier hemmen sich die beiden Wirkungen gegenseitig, der Bogen wird länger und dichter, und man kann daher die Zahl der einzuschaltenden Lampen vermehren.

Wir erwähnen demnächst einige elektrische Lampen, bei denen das Licht durch einen glühenden Kohlenstab erzeugt wird. Hierher gehört die elektrische Lampe von Emil Regnier in Paris[1]), bei welcher die Zuführung des Stromes an den Kohlenstab durch einen elastischen Contact an einer Stelle erfolgt, bis zu welchen der Stab glühen soll; die Spitze des letzteren legt sich gegen eine rotirende Contactscheibe, die zugleich die Asche der Kohle entfernt. Bei kräftiger Elektricitätsquelle können mehrere Lampen in denselben Stromkreis geschaltet werden.

Bei einer älteren Anordnung schiebt der schwere Kohlenträger die Kohle in dem Maße fort wie sie abbrennt und ertheilt zugleich durch Räderübertragung der Scheibe ihre dre=

1) Dingl. pol. Journ. Bd. 227, S. 399 u. Bd. 231, S. 285.

hende Bewegung. Bei der späteren Construction aber legt sich der Kohlenstab mehr seitwärts an die Scheibe, deren Achse in zwei einarmigen Hebeln gelagert ist, an welchen sich noch ein Bremsschuh befindet; letzterer legt sich gegen den glatten Kranz eines Rades, das von dem Stabträger mittels Zahnstange und Getriebe in Umdrehung versetzt wird und regulirt auf diese Weise das Niedergehen des schweren Kohlenträgers.

Auch bei der bis zu einem gewissen Grade transportabeln Lampe von Sawyer und Man[1]), die nicht mehr Raum als der Cylinder einer Oellampe einnimmt, wird das Licht durch einen weißglühenden dünnen Kohlenstab erzeugt. Die den Strom zuführenden Kupferstäbe sind so geformt, daß eine Leitung der Wärme nach dem untern Theile der Lampe unmöglich ist, die Strahlung aber wird durch drei unter dem Kohlenstabe angebrachte Scheiben verhütet. Das Ganze ist in eine oben geschlossene, unten mit Siegellack luftdicht aufgesetzte, mit reinem Stickstoff gefüllte Glasröhre eingeschlossen.

Durch den Abschluß des Sauerstoffs von der glühenden Kohle soll die Abnutzung der letzteren verhütet werden. Um ferner das Springen der Kohle in Folge rascher Erhitzung beim Anzünden der Lampe zu vermeiden, ist ein Umschalter beigegeben, welcher eine plötzliche Stromgebung oder Stromunterbrechung unmöglich macht, zugleich aber auch bewirkt, daß der Widerstand in der Lampe und der durch dieselbe gehende Stromzweig stets dieselbe Größe hat, wodurch eine Theilung des Lichtes ermöglicht wird.

Früher benutzte Sawyer schlanke Stifte aus Gasretortenkohle in einer Atmosphäre von Leuchtgas. Er fand dabei, daß die Kohle rasch verzehrt wird, daß sich aber auf ihrer Oberfläche eine Kohlenschicht von außerordentlicher Härte und schönem Glanz absetzt. Diese Erfahrung hat er nun zur Herstellung einer trefflichen Kohle für seine Lampen benutzt: er taucht Weidenholzstäbchen in Olivenöl und leitet einen elektrischen Strom durch. Es setzt sich dann eine stahlharte Kohle von stahlgrauer Farbe ab, und die so erhaltenen, in der Mitte weichen Stäbchen von etwa 13 Millim. Länge und 2 Millim. Durchmesser wenden Sawyer und Man gegenwärtig an.

---

1) Dingl. pol. Journl. Bd. 231, S. 238.

Elihu Thomson und Edwin J. Houston[1]) benutzen zur Erzeugung des elektrischen Lichtes die bei der Stromunterbrechung auftretenden Funken, zu welchem Zwecke sie der einen, am besten der negativen Kohleneelektrode, die man sehr dick nimmt, damit sie nur langsam verbrennt, eine schwingende Bewegung ertheilen, so daß beide Elektroden sich abwechselnd berühren und wieder von einander entfernen. Die Schwingungen, die der Strom selbst erzeugt, folgen so rasch auf einander, daß der Lichteindruck im Auge ein stetiger ist. Die Erfinder, welche mehrere Lampen nach diesem Principe angegeben haben, hoffen auf diese Weise mit einem Strome auszukommen, der zu schwach ist, einen beständigen Lichtbogen zu erzeugen; und bei Anwendung eines kräftigen Stromes glauben sie eine größere Anzahl Lampen in den Stromkreis einschalten zu können.

Nur kurz gedenken wir der elektrischen Lampen von Rapieff[2]), bei welchen der Lichtbogen ein Kalkstück in's Glühen bringt und von denen man gleichfalls mehrere in denselben Stromkreis einschalten kann, von Wallace-Farmer[3]), die 100 Stunden lang ohne Auswechselung der Kohlenstäbe brennen soll, sowie der von Jaspar[4]).

Von Interesse ist auch die Lampe von S. Marcus und B. Egger in Wien[5]), bei welcher zur Regulirung der Kohlenstäbchen die Anziehung benutzt wird, welche eine vom elektrischen Strome durchflossene Spirale auf einen Eisenkern ausübt. Der Anwendung dieses Principes stand bisher der Uebelstand entgegen, daß der Weg, den der in die Spirale hineingezogene Eisenkern zurücklegt, ein relativ nur sehr kurzer ist und insbesondere, daß die Kraft, mit welcher diese Bewegung erfolgt, von sehr ungleicher Intensität ist. Mit Umgehung des früher aus diesem Grunde gebräuchlichen, aus Zahnrädern, Zahnstangen, Hebeln ꝛc. zusammengesetzten Uebertragungsmechanismus, lassen Marcus und Egger die Regulirung der Kohlenspitzen, gleichgültig ob kurze oder lange Stücke zur Verwendung kommen, direct durch die Spiralanziehung bewirken, zu welchem

1) Dingl. pol. Journ. Bd. 282, S. 235.
2) Das. Bd. 231, S. 186.
3) Das. Bd. 232, S. 518.
4) Das. Bd. 227, S. 506 u. Bd. 232, S. 281.
5) Das. Bd. 231, S. 423.

Zwecke die Spirale so angeordnet ist, daß sie stets mit dem Maximum ihrer Kraftleistung auf den Eisenkern wirkt und daß der Weg des letzteren beliebig lang sein kann. Die Spirale besteht nämlich aus einer größeren Anzahl selbstständiger Spiralen, die über einander liegen und deren Enden mittels kleiner Metallschienen an ein Paar verticale, aus einem isolirenden Material bestehende Stäbe angeschraubt sind. An dem Träger des untern Kohlenstabes sind nun der Eisenkern, sowie zwei federnde Metallstreifen angebracht, die zur Seite der erwähnten Verticalstäbe herabgehen und mittels Contactrollen je sechs von den Spiralen in den Strom einschalten. Bei einer Bewegung des unteren Trägers wird daher auf der einen Seite eine Anzahl neuer Spiralen eingeschalten, auf der andern die gleiche Zahl ausgeschalten, und der Eisenkern behält dabei immer die günstigste Stellung zu dem vom Strome durchlaufenen Theile der Spirale, er ragt nämlich ungefähr $1/3$ über dieselbe hinaus. Mittels einer Rolle mit zwei Nuthen, deren Durchmesser sich wie 2 : 1 verhalten, wird dem Abbrennen gemäß das Nachschieben der obern Kohle bewirkt, welche immer doppelt so weit zu verrücken ist, wie die untere.

Als Vorzüge der Lampe werden außer der Einfachheit der Construction und der Zuverlässigkeit der Regulirung gerühmt, daß die letztere stetig, nicht wie bei Zahnrädern ruckweise erfolgt und daß daher auch das Licht nicht mit zuckender, sondern mit ruhiger Flamme brennt.

Diese Lampe ist u. a. von dem Centralinspector der Kaiser-Ferdinands-Nordbahn, Ludwig Becker, in dem von ihm für Eisenbahnzwecke construirten Beleuchtungswagen[1]) in Anwendung gebracht. Derselbe enthält eine Dampfmaschine von 4 Pferdestärken, welche eine Gramme'sche Lichtmaschine treibt, die bei etwa 900 Umdrehungen eine Lichtstärke von 1440 Carcel-Brennern entwickelt. Damit verbunden ist eine elektrische Lampe des beschriebenen Systems, die mittels einer Winde in den Glasaufbau des Wagens gehoben, aber auch abseits von Wagen auf einem besonderen, zusammenlegbaren Gestell aufgestellt werden kann. Zur Beleuchtung bestimmter Punkte dient ein Satz Reflectoren, zur Beleuchtung längerer

1) Dingl. pol. Journ. Bd. 232, S. 133.

Strecken, z. B. ganzer Züge, sind zwei Planspiegel beigegeben. Der Wagen, welcher schnell an den Ort des Bahnhofs oder der Strecke gebracht werden kann, wo elektrische Beleuchtung wünschenswerth ist, etwa bei Elementarereignissen, Unfällen, Truppentransporten ꝛc., enthält noch verschiedene Hilfsutensilien.

Endlich gedenken wir noch eines höchst einfachen Kohlenlichtregulators von Emil Stöhrer jun. in Leipzig, bei welchem der Auftrieb einer Flüssigkeit als Triebkraft benutzt wird [1]). Der untere der beiden Kohlenstifte sitzt nämlich in einer Röhre, an welcher unten ein Schwimmer angebracht ist, welcher sich in einem nur wenige Millimeter weiteren, mit Glycerin gefüllten Cylinder auf und ab bewegen kann. Durch den Auftrieb wird der untere Kohlenstift mit sehr gelindem Drucke gegen den oberen gepreßt, was nöthig ist, wenn man schon bei wenigen Elementen ein ruhiges Brennen erreichen will. Man kann übrigens den erwähnten Druck noch reguliren durch kleine, auf eine über dem Schwimmer angebrachte Schale zu legende Gewichte. Vom Schwimmer geht ein starker Kupferdraht in eine eiserne, mit Quecksilber gefüllte Röhre, die mit dem einen Pole der Batterie verbunden ist. Der Cylinder mit dem Glycerin ist von einer Kupferdrahtspirale umgeben, die in den Stromkreis eingeschaltet ist.

Beim Entstehen des Lichtbogens wird der Schwimmer mit der untern Kohlenspitze nach unten gezogen und die Länge des Lichtbogens nach der Stromstärke regulirt. Das Metallrohr, welches die obere Kohlenspitze trägt, wird bei kleinern Apparaten mit der Hand in einer Messingröhre oder auch mittels einer Triebstange mit Trieb verschoben; wenn bei größeren Apparaten der Lichtbogen immer an derselben Stelle verweilen soll, so erfolgt die Bewegung durch ein Uhrwerk.

Telephon und Mikrophon.

Indem wir uns diesen beiden Erfindungen zuwenden, die in den letzten Jahren so großes Aufsehen erregt haben, schicken wir zunächst einige theoretische Betrachungen über die Fortpflanzung und Wiedergabe der Töne durch das Telephon voraus.

E. du Bois-Reymond hat bei Erörterungen der Wir-

1) Ann. der Physik u. Chemie N. F. Bd. 6. S. 459.

kungen des Bell'schen Telephons[1]) behauptet, daß jeder der Partialtöne, in welche er sich den in den Apparat gelangenden Klang zerlegt denkt, zwar in veränderter Phase, aber mit derselben Schwingungszahl und verhältnißmäßiger Amplitude durch die elektrischen sinusoiden Schwingungen des Leitungsdrahtes auf das Telephon des Hörers übertragen werden; weil aber die Verschiebung der Phase den Untersuchungen von Helmholtz zufolge, gleichgültig für die Klangfarbe sei, so könne dieselbe ungeändert bleiben. L. Hermann hat dagegen auf einige Versuche hingewiesen[2]), welche die Du Bois-Reymond'sche Erklärung widerlegen und auch die Helmholtz'sche Theorie der Klangfarbe nur bedingungsweise gelten lassen sollen; dadurch ist Helmholtz zu einer neuen Untersuchung über die Wirkung des Telephons auf die Klangfarbe, soweit die elektrische Uebertragung in Frage kommt, veranlaßt worden[3]). Aus dieser ergiebt sich nnn, daß bei Einhaltung der gewöhnlichen Bedingungen, „welche bewirken, daß die Dauer der ohne äußere Störung ablaufenden Inductionsströme 0,01 Sec. übertrifft", wir zu erwarten haben, „daß die den höchsten Tönen und Geräuschen entsprechenden elektrischen Oscillationen weder in ihrer Phase noch in ihrer relativen Stärke wesentlich von denen des erregenden Mechanismus abweichen, ob nun die Verbindung beider Telephone direct oder durch mehrere zwischengeschaltete Spiralen hergestellt ist. Dagegen können die tieferen Töne in der Phase merklich verschoben und in der Stärke etwas benachtheiligt sein. Durch die Vermittelung der elektrischen Bewegungen wird also die Klangfarbe nur sehr unerheblich beeinflußt werden können. Viel mehr geschieht dies offenbar durch die mitschwingenden Eisenplatten, in denen durch Resonanz Geräusche von bedeutender Höhe erregt werden". Hiermit steht auch die Thatsache in Verbindung, daß in den gewöhnlichen Telephonen die tiefen Töne der Männerstimmen verhältnißmäßig zu schwach erscheinen.

Die Uebertragung hoher Töne durch das Telephon ist noch genauer durch Prof. Eduard Hagenbach in Basel

1) Archiv für Physiologie 1877, S. 573. 582; Archives de Génève 1878, LXI, p. 120; LXII, p. 76.
2) Pflüger's Archiv 1878, XVI, S. 264. 314.
3) Ann. der Physik u. Chemie. N. F. Bd. 5, S. 448.

studirt worden[1]). Zu dem Ende stellte er Versuche über die telephonische Uebertragung der Klänge von Klangstäben an, wie sie nach König's Vorgang zur Ermittelung der Grenze der Hörbarkeit benutzt werden. Die zehn Klangstäbe, welche angewandt wurden, gaben Töne vom 5 gestrichenen bis zum 8 gestrichenen c nach Chladni'scher Stimmung, d. h. von 4096 bis zu 32768 Doppelschwingungen. Die beiden mit einander verbundenen Telephonstationen waren so weit von einander, daß ein directes Hören der angeschlagenen Stäbe nicht mehr stattfand. Auf der Abgabestation wurde dann ein Klangstab angeschlagen, und das Telephon so gut wie möglich demselben genähert; auf der Empfangstation wurde das Telephon an das Ohr gehalten und dann notirt, ob der Ton deutlich, schwach, ganz schwach oder gar nicht gehört wurde. Während nun ohne Anwendung des Telephons die Grenze der Hörbarkeit zuweilen schon beim 7 gestrichnen c, häufig beim 7 gestrichnen e, bei Kindern und jungen Leuten öfters erst beim g liegt, und Hagenbach dieselbe in einen Falle sogar erst beim 8 gestrichenen c fand, so konnte mit dem Telephon nie ein höherer Ton als das 6 gestrichene c wahrgenommen werden, und häufig lag die Grenze der Hörbarkeit schon zwischen den 5 gestrichenen c und e. Im Allgemeinen liegt also bei Anwendung der Telephons die Grenze der Hörbarkeit um etwa zwei Octaven tiefer als bei directer Wahrnehmung. Das Ausbleiben der hohen Töne rührt von der Trägheit der vibrirenden Metallplatten her: wenn die auf die Secunde gehende Zahl der einwirkenden Luftschwingungen oder der die Plattenschwingungen bedingenden Aenderungen des Magnetismus eine bestimmte Grenze überschreiten, so kann die Platte in Folge der innern Reibung nicht mehr nachkommen mit ihren Schwingungen. Es tritt etwas Aehnliches ein, wie bei einem Wassermanometer, das für die schnell wechselnden Druckänderungen einer tönenden Luftsäule, oder bei einem Galvanometer, das für die schnell wechselnden Ströme eines Inductionsapparates oder eines Telephons unempfindlich ist.

Merkwürdig ist, daß bei der Grenze einzelne Töne über-

---

1) Ann. der Physik u. Chemie. N. F. Bd. 6, S. 407.

sprungen werden, d. h. ausbleiben, während höhere Töne wieder deutlich zu hören sind. So wurde z. B. c^5 deutlich gehört, e^5 war nicht hörbar, dagegen war g^5 wieder hörbar, c^6 und höhere Töne konnten nicht gehört werden. Es ist dies auf den Einfluß der Eigentöne der Platte zurückzuführen: bei kleinen Ausschlägen schwingt im Allgemeinen die Telephonplatte für jeden Ton mit, sie thut dies aber leicht und mit relativ größerem Ausschlag bei den Eigentönen der Platte; und an der Grenze, wo die Platte überhaupt mit ihren Schwingungen kaum nachkommt treten nur noch in diesen Fällen hörbare Schwingungen ein.

Die Ergebnisse der Hagenbach'schen Untersuchungen lassen eine unveränderte Uebertragung der Klangfarbe durch das Telephon, abgesehen von den in der Theorie der Induction liegenden Gründen, nicht möglich erscheinen; besonders wenn die Klangfarbe auf hohen Obertönen beruht, wird eine Aenderung derselben unausbleiblich sein. Soweit Hagenbach die Sache untersucht hat, ist der Phonograph für hohe Töne noch weniger empfindlich als das Telephon; die Töne der König'schen Klangstäbe lassen gar keine merkliche Spur bei ihm, wodurch sich auch die Thatsache erklärt, daß derselbe den durch einen hohen Oberton charakterisirten Vocal J nur höchst mangelhaft wiedergiebt.

Zur Aufzählung einiger neueren Constructionen fortschreitend, machen wir an erster Stelle auf die Telephone mit Hufeisenmagnet von Siemens und Halske (Deutsches Reichs-Patent Nr. 3396 vom 8. Mai 1878) aufmerksam [1]), die sich sehr vortheilhaft durch ihre bedeutende Tonstärke auszeichnen. Während die genannte Firma bei einer früheren Form des Telephons (Patent Nr. 2355 vom 14. December 1877) die schwingende Eisenplatte in das starke magnetische Feld zwischen den Polen eines kräftigen Hufeisenmagneten brachte, um in der Ruhelage den einseitigen Zug auf diese Platte zu vermeiden, lassen sie bei der neueren Anordnung beide Pole auf dieselbe Seite der Platte wirken. Auf die Pole, die innerhalb gewisser Grenzen der Platte

1) Nähere Beschreibung mit Abild. in Dingl. pol. Journ. Bd. 231, S. 138.

genähert oder von ihr entfernt werden können, sind ein Paar von Drahtspulen umgebene Polschuhe aufgeschraubt von solcher Form, daß die Pole einander möglichst nahe kommen; die Enden der Drahtwindung gehen nach den beiden Klemmen, in welche die Leitungsdrähte eingesetzt werden.

Als Rufer wird eine kleine Zungenpfeife angewendet, welche in eine Oeffnung im Mundstücke des Telephons eingesteckt wird. In ihr befindet sich noch ein kleiner mit einem Stiel versehener Metallkörper, der beim Anblasen der Pfeife von der schwingenden Platte gehoben wird und wieder auf sie zurückfällt. Das hierdurch erzeugte Trommeln verstärkt den durch Anblasen der Pfeife im empfangenden Telephon erzeugten Ton dermaßen, daß er auch in größerer Entfernung noch ganz deutlich hörbar ist.

Außerdem wenden Siemens und Halske als Wecker noch sogenannte sympathische Glocken, ebenfalls mit Hufeisenmagneten an. Die mit Spulen umgebenen Pole liegen dicht an der Innenseite der Glocke und wenn man eine der in dieselbe Leitung eingeschalteten gleichgestimmten Glockenan schlägt, so tönen alle übrigen mit.

Auch das Telephon des französischen Technikers Ader soll nach der Angabe seines Erfinders sehr laut sprechen und die Klangfarbe weniger ändern als andere Telephone.[1]) Aehnlich wie bei dem Reis'schen Telephon ist hier im Empfangsapparate ein Eisendraht oder eine kräftig magnetisirte Nadel angebracht, die von einer Spule isolirten Drahtes umgeben ist, durch welche der elektrische Strom geht. An jedem Ende dieser Nadel ist eine Kupfermasse angelöthet: an die eine dieser Massen ist eine Hörmuschel angesetzt, die andere Masse ist an eine größere Bleimasse gelöthet, und beide, die Kupfer- und die angelöthete Bleimasse, sind in ein Blatt Kautschuk gewickelt, um ein Verschwimmen der Schwingungen zu verhüten. Die Drähte gehen von der Spule durch ein Paar Durchbohrungen in der Kupfer- und Bleimasse hindurch nach den beiden Klemmschrauben am vordern Theile der Röhre, die das Ganze einschließt, während am hintern Ende die

1) Nähere Beschreibung mit Abbild. in Dingl. pol. Journ. Bd. 233, S. 125.

Hörmuschel angebracht ist. In diese Klemmen werden die Drähte der Stromleitung eingeschalten.

Auch von Edison sind verschiedene neue Formen des Telephons angegeben worden [1]).

Es mag hier zunächst ein Apparat erwähnt werden, bei welchem ein vom Strome durchlaufener Quecksilbertropfen beim Sprechen seine Form ändert, wodurch dann der Widerstand und deshalb auch die Stromstärke eine Aenderung erfährt; in dem empfangenden Telephone befindet sich in einer Uförmigen Röhre, die mit einer leitenden Flüssigkeit gefüllt ist, ebenfalls ein Quecksilbertropfen, der mit der wechselnden Stärke des durchgehenden Stromes seine Gestalt ändert und dadurch die Flüssigkeit und mittels eines auf dieser ruhenden Schwimmers ein Diaphragma in tönende Schwingungen versetzt.

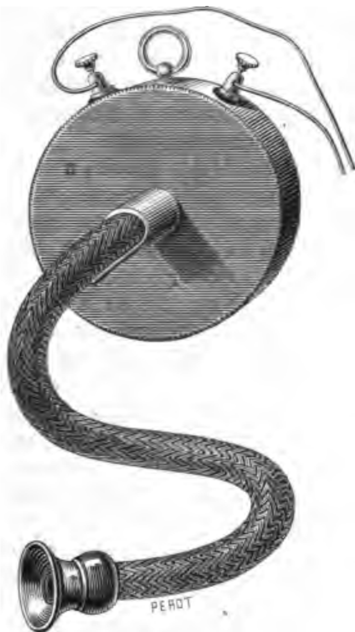
Sodann gehören hierher die kurzschließenden Telephone Edisons, bei denen das schwingende Diaphragma je nach der Amplitude der Schwingungen einen kurzen Schluß zu größeren oder kleineren Widerständen herstellt und diese so aus dem Stromkreise ausschaltet. Bei einem im August 1877 angegebenen solchen Telephon ist ein blanker Draht in eine schraubenförmige Nuth eines Holzcylinders gewickelt und ebenfalls in den primären Kreis eines Inductors eingeschaltet; an dem Diaphragma aber sitzt ein elliptischer federnder Metallring, welcher um so mehr Drahtwindungen berührt und kurz schließt, je mehr ihn das schwingende Diaphragma platt drückt. Bei einer spätern, im November 1877 angegebenen Form liegen die schraubenförmigen Drahtwindungen parallel zum Diaphragma und werden durch dieses mehr oder weniger mit einander in Berührung gebracht; der Draht bildet dabei am einfachsten gleich die primäre Spule des Inductors.

Endlich muß noch der Edison'schen Condensator-Telephone gedacht werden, bei denen nicht die Stärke eines Stromes, sondern die Ladung eines Condensators sich ändert. Bei der im Februar 1877 mit Erfolg probirten Form wird durch das Mundstück einer runden Kammer gesprochen, welche durch Platten abgeschlossen ist, die unter sich und mit der Erde in

1) Dingl. pol. Journ. Bd. 232, S. 186.

leitender Verbindung stehen. Jeder dieser Platten steht am Ende einer Stellschraube eine andere gegenüber, und auch diese Platten sind unter sich verbunden und an den einen Batteriepol gelegt, während der andere Pol an der Telephonleitung liegt. Beim Sprechen schwingen nun die ersteren Platten, wobei sich ihr Abstand von den letzteren, damit deren statische Capacität und daher auch die Ladung der Leitung ändern. Bei einer spätern Form, aus dem December 1877, sind die Platten wie bei einem gewöhnlichen Blätter-Condensador angeordnet und mittels einer Stellschraube in dem Rahmen einem gewissen Drucke ausgesetzt. Das Diaphragma, welches mit einer Endplatte verbunden ist, ändert bei den Schwingungen den Abstand der Platten von einander und dadurch ihre statische Ladung, sowie die elektrische Spannung der Leitung.

Fig. 31 a.



Eine wesentliche Verbesserung des Bell'schen Telephons hat in neuerer Zeit ein Amerikaner, F. G. Gower, ein früherer Mitarbeiter von Bell, zu Stande gebracht. In seinem dosenförmigen, sogenannten Uhr-Telephon[1] (Deutsches Reichs-Patent Nr. 5871 vom 15. October 1878), welches Fig. 31 a, b, ungefähr in $1/4$ der natürlichen Größe dargestellt, ist ein hufeisenförmiger Magnet

1) „Gäa" 1878. S. 256; Nature, XX, p. 138

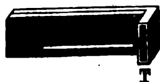
aus bestem französischen Stahl angebracht. Die Magnetisirung desselben erfolgt mittels eines großen Elektromagneten und einer kraftvollen Gramme'schen Maschine. Jeder der beiden Pole trägt ein kleines längliches Stück Eisen, auf welchen sich eine mit Draht umwickelte Spule befindet; beide Spulen stehen mit einander und mit den beiden Klemmen in Verbindung, welche die Leitungsdrähte aufnehmen. Das Ganze ist von einem Messinggehäuse umschlossen. Der Deckel, von demselben Metall, trägt die vibrirende Membran M, welche Gower etwas dicker als bei den älteren Telephonen anwendet. An ihrem Umfange ist ein Messingring angebracht, der durch Schrauben am Deckel befestigt ist, die indessen die Membran selbst nirgends berühren. Der Zwischenraum zwischen der Membran und dem Deckel ist nur äußerst gering, was für die Wirkung des Apparates von Wichtigkeit ist. Auch die bisherige Form der Telephon-Mündung ist von Gower verlassen worden, indem er ein biegsames Mundstück angebracht hat. Zum Anrufen bei Beginn der Correspondenz dient das Stück A, welches in Fig. 31 c in 1/2 natürlicher Größe dargestellt ist. Dasselbe besteht aus einer rechtwinklig gebogenen Röhre LT, von der der eine Theil auf der Oberfläche der Membran, der andere am Gehäuse

Fig. 31 b.





Fig. 31 c.



endet. Bläst man nun in das Mundstück, so entstehen durch die in A getriebene Luft heftige Schwingungen der Membran, und diese erzeugen so kräftige Inductionsströme, daß die Membran an der Empfangsstation einen lauten Ton von sich giebt, den man selbst in einem ziemlich großen Raume hört. Das Telephon selbst läßt einfache Sätze noch in 5 bis 6 Meter Entfernung deutlich wahrnehmen.

Im Ganzen sind die allzuhoch gespannten Erwartungen, die man früher auf das Telephon setzte, bedeutend gesunken und es hat sich gezeigt, daß dasselbe für manchen Zweck, den man anfänglich im Auge hatte, nicht brauchbar ist. Auch jetzt tauchen noch hin und wieder solche utopische Pläne auf, wie denn z. B. noch kürzlich H. de Parville der Pariser Akademie ein Verfahren vorschlug [1]), den magnetischen Meridian mit Hilfe eines Telephons zu ermitteln, in welchem der kurze Magnet durch einen mindestens ein Meter langen weichen Eisenstab ersetzt ist. Je nach dem dieser dann im magnetischen Meridiane oder senkrecht dazu liegt, soll er dem als Empfänger benutzten Telephone drei Töne im Maximum oder Minimum ihrer Stärke zuführen.

Hauptsächlich kommt das Telephon in Anwendung zwischen verschiedenen Räumen eines Etablissements, sowie auf kürzeren Linien, und es sind im deutschen Reiche allein über 100 Fernsprechämter im Gebrauch; dagegen ist wenig Aussicht vorhanden, daß dasselbe auf weitere Entfernung an die Stelle des elektrischen Telegraphen treten werde.

Mehrfach hat man auch mit Erfolg versucht, das Telephon zum Vorpostendienste zu benutzen, und insbesondere sind derartige Versuche in der deutschen Armee unter Leitung des Hauptmanns Körner vom 58. Infanterie-Regiment angestellt worden. [2])

Uebergehend zum Mikrophon ist zunächst zu erwähnen, daß die Priorität der Erfindung desselben nicht dem in England lebenden Physiker Hughes zukommt, welcher seine erste Mittheilung darüber erst im April vorigen Jahres der Londoner Royal Society machte, auch nicht dem amerikanischen

1) Comptes rendus LXXXVI, p. 1179.
2) Dingl. pol. Journ. Bd. 232, S. 277.

Erfinder Edison, welcher mit seinem Graphit-Telephon (vergl. den vorigen Jahrg. dieses Jahrb. S. 96) allerdings der Erfindung des Mikrophons sehr nahe kam und deshalb Ansprüche auf dieselbe erhoben hat [1]), sondern einem Deutschen, dem Dr. Robert Lüdtge in Berlin, welcher schon Anfang Januar vorigen Jahres dem deutschen Patent-Amte eine mit dem Mikrophon im Princip ganz identische Erfindung vorgelegt hat.

In seiner Patentbeschreibung (Deutsches Reichs-Patent Nr. 4000 vom 12. Januar 1878) gibt Lüdtge das Princip seiner Erfindung mit den Worten an:

„Wenn man in dem Stromkreise einer Batterie eine Unterbrechungsstelle hervorbringt, etwa durch einfaches Zerschneiden des Leitungsdrahtes und die beiden Schnittflächen gegeneinander legt, so ist freilich der Strom wieder geschlossen; jedoch findet an der Schnittstelle ein Uebergangswiderstand statt, der um so geringer wird, je stärker man die beiden Schnittflächen aneinander drückt. . . Construirt man die eine Schnittfläche nun so, daß sie durch Sprechen oder andere Geräusche in Schallschwingungen versetzt wird, so wird sie gegen die andere berührende Schnittfläche verschieden drücken, je nach der Intensität und Form der einzelnen Schwingung. Der Uebergangswiderstand an dieser Stelle wird genau durch Intensität, Form und Anzahl der Schallschwingungen der tönenden Schnittfläche in seiner Größe beeinflußt und bestimmt mithin auch die Intensität des im Stromkreise vorhandenen Batteriestromes . . und ein in den Stromkreis eingefügtes Bell-sches Telephon wird die der Amplitude der Schallschwingung entsprechende Vergrößerung der Intensität des Stromes wieder in die entsprechende Schallwirkung übersetzen. Im Bell'schen Telephon als Empfangsapparat wird man alle die Schwingungen hören, welche von der einen Schnittfläche an der Unterbrechungsstelle als Aufgabeapparat ausgeführt werden, und zwar mit allen Feinheiten, da kein Schließen und Oeffnen des Stromes, sondern ein An- und Abschwellen der Intensität stattfindet . . . Bei der Construction sollen die

1) Vergl. die Abweisung derselben in Du Moncel, le Téléphone, le Microphone et le Phonographe.. Paris 1878; p..159.

beiden . . . Enden der Unterbrechungsstellen in dauernder Berührung mit einander sein, so daß der Stromkreis stets geschlossen ist; sie dürfen sich aber nur so wenig innig berühren, daß an der Berührungsstelle ein merklicher Uebergangswiderstand der Elektricität stattfindet; daß die Innigkeit dieser Berührung sich ändert, sobald das eine der beiden Enden oder beide in Schallschwingungen gerathen. Die Berührung darf auch deswegen nicht eine zu innige sein, damit die Schallschwingungen des einen Endes wenigstens merklich stattfinden können."

Lüdtge hat in der Folge seinen Apparat, Universal-Telephon genannt, soweit vervollkommnet, daß für telephonisches Sprechen auf Staatslinien und in der Haushaltung allen billigen Ansprüchen genügt sein dürfte. Die lästigen Nebengeräusche, das Knistern und Knattern sind verschwunden; das aufgegebene Wort erscheint auf der Empfangsstation durchaus klar, deutlich und so laut, daß man am besten in einiger Entfernung vom Empfangsapparate, der ein Bell'sches Telephon ist, hört, da ein Nähern desselben dem gesunden Ohre empfindlich wird; viele Schwerhörige dagegen, welche das Instrument dem Ohre nahebringen, verstehen bedeutend besser, wie mit den bisherigen Hilfsapparaten. Er wurde bis jetzt mit dem Apparat auf etwa 300 Kilom. verständlich gesprochen und die hierbei eintretende geringe Abnahme der Schallstärke läßt hoffen, daß weitere Versuche auf viel größere Entfernungen noch genügende Resultate geben. Ein besonderes Anrufesignal ist nicht erforderlich; bringt man nämlich ein Bell-sches Telephon mit dem Lüdtge'schen Mikrophon in Berührung, so entsteht sowohl bei der Aufgabestation, wie bei der Empfangstation ein reiner, tiefer durchdringender Ton, welcher große Aehnlichkeit mit dem Tone eines Nebelhorns hat und weithin gehört wird. [1])

Ein charakteristische Eigenthümlichkeit des Lüdtge'schen Mikrophons besteht darin, daß beide Contactstücke an den Schwingungen der Schallmembran theilnehmen. Von diesen aus Kohle, Eisen oder Platin bestehenden Contactstücken sitzt das eine, kuglig abgerundete in einer Messingfassung, die auf der Mitte der Holzmembran befestigt ist; es empfängt also voll und

1) Dingl. pol. Journ. Bd. 232, S. 231 (mit Abbildung).

ganz die Schwingungen der letzteren. Das andere, an der Contactstelle ebene Contactstück ist mit dem ersten durch ein Paar Kautschukstreifen fest verbunden. Da nun Kautschuk der Fortpflanzung der Schallschwingungen beträchtlichen Widerstand entgegenstellt, so kommen die Schwingungen nur bedeutend in ihrer Intensität geändert nach diesem zweiten Stück, es entstehen zwischen den beiden Contactstücken Schwingungs-Differenzen, die Innigkeit des Contactes wird geändert, und die Folge ist, daß insbesondere die für die einzelnen Sprachlaute charakteristischen Partialschwingungen sehr gut übertragen und klar und ungestört vom Empfangsapparat wieder gegeben werden.

Die Theorie des Mikrophons hat Hermann Aron einer mathematischen Untersuchung unterworfen[1]) unter der Voraussetzung, daß die Widerstandsschwankungen, welche die Vibrationen erzeugen, unendlich klein sind gegen den Gesammtwiderstand, und unter Vernachlässigung der Rückwirkungen der schwingenden Platte auf die Stromleitung. Während nun nach Helmholtz beim Telephon die höheren Töne den tieferen gegenüber begünstigt sind, findet Aron beim Mikrophon gerade das entgegengesetzte Resultat: während bei jenem die Klangfarbe erhöht wird, wird sie bei diesem vertieft. Es läßt sich daher eine zum Abgeben dienende Combination von Telephon und Mikrophon denken, bei der durch die elektrische Uebertragung überhaupt keine Veränderung der Klangfarbe bewirkt wird; als Empfänger wäre ein gewöhnliches Telephon zu verwenden.

Ursprünglich diente das Mikrophon nur als Absender, während als Empfänger ein Telephon benutzt wurde. Es läßt sich aber das Mikrophon auch als Empfänger gebrauchen, und es sind dazu dienliche Anordnungen von James Blyth in Edinburg[2]), Hughes u. A. beschrieben worden. Nach Du Moncel[3]) bringt man zu dem Zwecke in einer verticalen Tafel ein Loch an, groß genug um das Hörrohr eines gewöhnlichen Bindfaden-Telephons darin zu befestigen, jedoch so, daß die Pergamentmembran in der nach dem Mi-

1) Ann. der Physik u. Chemie. N. F. Bd. 6, S. 403.
2) Comptes rendus LXXXVII, p. 8.
3) Nature XVIII, p. 172; XIX, p. 72.

krophon hin liegenden Fläche der Tafel liegt. Diese Membran trägt in ihrer Mitte ein Stückchen metallisirte Tannenkohle, gegen welches sich unter sehr schwachem Drucke ein zweites anlegt, das am obern Ende eines verticalen zweiarmigen Hebels sitzt. Der Hebel und das erste Kohlenstück sind in den Stromkreis einer Batterie von 4 bis 6 Leclanché-Elementen eingeschaltet, der Druck aber, den die beiden Kohlenstücke gegen einander ausüben, kann durch eine sehr feine Spiralfeder regulirt werden. Das Ganze befindet sich in einem Kästchen, aus dem das Hörrohr hervortritt. Mit einem solchen Mikrophon kann man Worte absenden und hören, doch weniger deutlich als mit dem Bell'schen Telephon.

Unter den Anwendungen des Mikrophons ist wohl die zur Beobachtung von Erdbeben eine der interessantesten[1]). Schon im Jahre 1875, als man vom Mikrophon noch Nichts wußte, beobachtete der Graf C. Mocenigo in Vicenza eine Erscheinung, die eigentlich die Grundlage dieses Instrumentes bildet. Er bemerkte nämlich, daß ein Galvanometer Schwankungen und Unterbrechungen des elektrischen Stromes anzeigte, die durch Reibung oder durch Stöße zwischen den nicht in vollständigem Contact befindlichen Leitern verursacht wurden. Später bemerkte er aber auch ähnliche Schwankungen des Galvanometers, während die Instrumente scheinbar in vollkommener Ruhe sich befanden. Professor Michele Stefano de Rossi, dem er diese Wahrnehmungen mittheilte, suchte die Ursache der Störungen in verschwindend kleinen seismischen Bewegungen des Bodens. Beide begannen nun neue Untersuchungen, während deren die Kunde von der Erfindung des Mikrophons zu ihnen kam. Im vergangenen Jahre hat dann Prof. de Rossi während monatelanger Versuche auf seinem seismischen Observatorium zu Rocca di Papa am Albanergebirge, etwa 27 Kilom. von Rom entfernt, constatiren können, daß die damalige Eruptionsthätigkeit selbst in so großer Entfernung auf das Mikrophon wirkte. Sein Mikrophon, bestehend aus einem zugespitzten, ins Gleichgewicht gebrachten Hebel, der sich gegen eine Silberplatte stützte, war

1) Nature XIX, p. 207; XX, p. 180 nach dem „Bulletino del Vulcanismo Italiano“. Roma 1878.

zwanzig Meter unter der Erdoberfläche auf einen steinernen Unterbau aufgestellt, entfernt von Wohnungen und Straßen, dabei vollständig isolirt und in einer mit Wolle gefüllten Büchse verschlossen. Die mikroseismischen Töne, die man namentlich zur Nachzeit sehr deutlich hörte, unterschieden sich wesentlich von anderem Geräusch und ihr Ursprung wurde wiederholt constatirt durch ihr Zusammentreffen mit den Bewegungen der gewöhnlichen Seismometer[1]); auch hatten sie einen periodischen Charakter. Einmal, als Rossi morgens nach $2^1/_2$ Uhr das mit dem Mikrophon in Verbindung stehende Telephon belauschte, ließ dieses ein Getöse wie Musketenfeuer hören, so laut, daß er fürchtete, ein in demselben Raume schlafendes Kind könnte aufgeweckt werden, und deshalb das Telephon ausschaltete. Bald nachher, um 4 Uhr, wurde ein Erdstoß wahrgenommen.

Als in der Nacht des 22. September vorigen Jahres der Vesuv ein donnerähnliches Getöse von sich gab, ließ auch das Mikrophon in Rocca di Papa, mehr als 160 Kilom. entfernt, ein lautes metallisch klingendes Geräusch hören. Als nachher in Prof. Palmieri's Observatorium auf dem Vesuv auch ein Mikrophon aufgestell twurde, ließ sich das gegenseitige Entsprechen der Bewegungen des Seismographen und der Töne des Mikrophons noch genauer constatiren, auch gelang es, den seismischen Werth der verschiedenen Töne festzustellen. Merkwürdig ist auch die Wahrnehmung, das der Tick-

---

1) Die Seismometer oder Seismographen, Instrumente zur Angabe und Aufzeichnung von Erderschütterungen, sind entweder Pendel, die auch schon von einem leichten Erdstoß in Bewegung gesetzt werden und ihre Schwingungsrichtung in Sand abzeichnen, oder Schüsseln, die mit Quecksilber gefüllt sind, das je nach der Richtung des Stoßes auf der einen oder der andern Seite überfließt, oder ähnliche Vorrichtungen. Zum selbstthätigen Registriren der Stöße wendet man eine Quecksilbersäule in einer gebogenen Glasröhre an; sobald dieselbe durch einen Erdstoß bewegt wird, wird der Stromkreis einer Batterie geschlossen, in Folge dessen wird ein kleiner Elektromagnet thätig, der nun seinen Anker anzieht und eine an dem letzteren befestigte Feder gegen einen Papierstreifen drückt, der durch ein Uhrwerk mit gleichförmiger Geschwindigkeit von einer Rolle abgewickelt wird. Da man die einer Stunde entsprechender Länge des Streifens kennt, so läßt sich genau der Moment ermitteln, wenn der Stift eine Marke gemacht, oder wenn der Erdstoß stattgefunden hat.

tack einer Uhr, die mit einem Mikophon verbunden ist, in dem empfangenden Telephon viel lauter gehört wird, unmittelbar vor einem Erdstoße, dagegen allmählich schwächer und schwächer, wenn die seismische Bewegung erlischt. Rossi gründete darauf die Construction eines Mikrophones für derartige Beobachtungen: ein dünner Kupferdraht, der mit dem positiven Pole einer kleinen Batterie in Verbindung steht, trägt an seinem Ende eine Stahlnadel, die locker auf dem glatten Silberdeckel einer auf einer passenden Unterlage ruhenden Uhr auftrifft, deren Griff mit dem Telephon verbunden ist, welches wieder seinerseits mit dem negativen Pole der Batterie in Verbindung steht. Der Contact zwischen der Nadel und der Oberfläche der Uhr ist so zu reguliren, daß das Mikrophon den gewünschten Grad von Empfindlichkeit erhält.

Wenn die vom indischen Radscha Sir T. Madava Row angeregte Benutzung des Mikrophons zur Aufsuchung von unterirdischen Quellen[1]) — statt daß der Quellensucher mit dem auf den Boden gelegten Ohr in der Stille der Nacht das Geräusch des unterirdischen Wasserlaufs zu hören sucht — sich als ausführbar erweisen sollte, so wäre dies eine der vorigen sehr ähnliche Anwendung.

Ueber die in neuester Zeit gelungene Anwendung des Mikrophons zur Messung von Inductionsströmen durch Hughes und zur Herstellung eines Audiometers, d. h. eines Instrumentes zur Messung der Schärfe des Gehörs, soll im nächsten Jahrgange dieses Jahrb. berichtet werden.

Das telegraphische Gegensprechen.

Eine der interessantesten Aufgaben der Telegraphie, auf welche schon seit einer langen Reihe von Jahren viel Scharfsinn verwendet wurde, ist das mehrfache Telegraphiren auf demselben Drahte. Nachdem vor länger als zwanzig Jahren die ersten praktischen Versuche mit mehr oder minder zufriedenstellendem Erfolge angestellt worden, erkaltete das Interesse für dieses Problem einige Zeit, bis endlich in den letzten Jahren neue Anstrengungen zur Lösung dieser Aufgabe gemacht wurden. „Sie ward auch befriedigend gelöst, doch kam die mehrfache

1) Nature XIX, p. 147.

Telegraphie, und zwar zumeist unter Verwendung der alten Vorschläge mit nur unwesentlichen Abänderungen, ja zum Theil Verschlechterungen, erst in jüngster Zeit zu etwas ausgedehnter Verwendung, wozu neben dem erhöhten Bedürfniß besserer Ausnutzung der Linien, die sorgfältigere Isolirung derselben und die bessere Schulung und Uebung unserer jetzigen Telegraphisten ganz wesentlich mitgewirkt hat" 1).

Das Problem des mehrfachen Telegraphirens auf demselben Drahte läßt sich principiell in verschiedener Weise lösen. Man kann die Linie in jedem Augenblicke nur zur Beförderung eines Zeichens eines einzigen Telegrammes benutzen, aber in regelmäßiger Abwechselung Zeichen verschiedener Telegramme befördern; es ist dies die absatzweise vielfache Telegraphie. Es können aber auch völlig gleichzeitig zwei oder mehr Telegramme auf demselben Drahte abgesandt werden, gerade so wie mehrere Personen zu gleicher Zeit in eine Rohrleitung hinein reden können und doch am anderen Ende verstanden werden: gleichzeitige mehrfache Telegraphie.

Da im ersteren Falle, bei der absatzweisen vielfachen Telegraphie, in jedem Momente nur ein einziger Strom die Linie durchläuft, so steht von diesem Verfahren nur dann eine bessere Ausnutzung der Linie zu erwarten, wenn man in Folge der Einrichtung und Wirkungsweise des Empfangs-Apparates die den einzelnen Zeichen entsprechenden galvanischen Ströme nicht in so rascher Folge hinter einander durch den Leitungsdraht senden darf, als dies an sich möglich ist. Es ist dann erforderlich, durch einen Vertheilungsapparat in regelmäßiger Folge jeden einzelnen Empfänger mit seinem Sender zu verbinden, da die Absendung der Ströme für jedes einzelne Telegramm an gewisse Zeiten gebunden ist, und eine Hauptschwie-

1) Zetzsche, Handbuch der elektrischen Telegraphie. 1. Bd. Berlin 1877. S. 358. Von diesem Autor, dem wir in obiger Darstellung folgen, sind noch zu erwähnen: Die Copirtelegraphen, die Typendrucktelegraphen und die Doppeltelegraphie. Leipzig 1865; Katechismus der elektrischen Telegraphie 5. Aufl. Leipzig 1873, sowie eine Anzahl Aufsätze in Dingl. pol. Journ. Bd. 212, S. 111; Bd. 217, S. 29; Bd. 218, S. 32; Bd. 222, S. 56; Bd. 225, S. 52; Bd. 226, S. 499; Bd. 228, S. 120, 413, 415.

rigkeit liegt darin, den mechanischen Triebwerken auf beiden Stationen auf die Dauer einen hinlänglich gleichförmigen (synchronen) Gang zu ertheilen.

Während bei der absatzweisen vielfachen Telegraphie weder die Anzahl noch die Richtung der zugleich zu befördernden Telegramme wesentliche Veränderungen in der Einrichtung nöthig macht, ist die letztere bei der gleichzeitigen mehrfachen Telegraphie ganz wesentlich bedingt durch die Richtung und die Anzahl der Telegramme. Man stößt sogar hier auf Schwierigkeiten, die kaum überwindbar scheinen, wenn es sich um Beförderung von mehr als zwei Telegrammen in jeder der beiden entgegengesetzten Richtungen auf demselben Drahte handelt. Indessen erwecken die Versuche mit Stimmgabeln (s. dieses Jahrb. XII, S. 150), welche La Cour in Kopenhagen, sowie Elisha Grey und der bekannte Erfinder des Phonographen, T. A. Edison in dieser Richtung angestellt haben, zu einigen Hoffnungen. Im Ganzen sind aber die bisherigen Bemühungen hauptsächlich darauf gerichtet gewesen:

entweder zwei Telegramme gleichzeitig auf demselben Drahte zu befördern, was man Gegensprechen oder Duplex-Telegraphie nennt,

oder gleichzeitig zwei Telegramme in derselben Richtung zu befördern, das Doppelsprechen,

oder gleichzeitig nach jeder der beiden entgegengesetzten Richtungen zwei Telegramme zu senden, das Doppelgegensprechen oder Quadruplextelegraphie.

Wir wollen hier vorzugsweise der Duplextelegraphie unsere Aufmerksamkeit zuwenden. Bei dieser hat jede der zwei mit einander correspondirenden Stationen einen Empfänger und einen Sender; dabei ist es aber nothwendig, daß jeder Empfänger unempfindlich ist für die Ströme, welche von der eigenen Station abgehen, dagegen jeder Zeit empfänglich für die von der andern Station kommenden. Die Empfänger sind deshalb stets in die Linie einzuschalten; man muß aber bei der ganzen Einrichtung namentlich darauf sehen, daß beim Arbeiten des Senders nicht etwa eine Linienunterbrechung entsteht oder im Empfänger ein Absetzen, von den Engländern mit „kick" bezeichnet, durch plötzliche Aenderungen der Stromstärke oder Umkehrung der Magnetpole bewirkt werde. Das

Gegensprechen gelingt um so leichter, je geringer die Veränderungen sind, denen der Widerstand der Linie unterliegt, weil jede solche Veränderung eine Störung des Gleichgewichts herbeiführt, das zur Unterdrückung der abgesandten Zeichen hergestellt worden ist.

Der italienische Physiker Zantedeschi (gest. 13. März 1873) will allerdings, einer Zuschrift an die Pariser Akademie im J. 1855 zufolge, schon seit 1829 sich mit der Duplex-telegraphie beschäftigt haben [1]), und ebenso haben sich Siemens und Halske in Berlin seit 1849 bemüht, durch telegraphische Leiter eine die Anzahl der Drähte übersteigende Zahl von Telegrammen gleichzeitig zu befördern, der Erste aber, welcher wirkliche praktische Erfolge erlangte, war der österreichische Telegraphendirector Dr. Wilhelm Gintl in Wien. Derselbe bemühte sich „im Jahre 1853 längere Zeit, die Doppelcorrespondenz auf demselben Leitungsdrahte mit dem Morse'schen Schreibtelegraphen zu Stande zu bringen, und es gelang ihm auch, bei seinen vielfachen, zwischen Wien und Prag im Juli 1853 angestellten Versuchen, Depeschen gleichzeitig in entgegengesetzter Richtung zu befördern"; doch veranlaßten ihn die durch den fortwährenden Wechsel der Linienstromstärke verursachten Schwierigkeiten, „sich an die Durchführung der Doppelcorrespondenz mittelst seines elektrochemischen Schreibtelegraphen zu halten", welche ihm am 15. October zwischen Wien und Linz vollständig gelang.

Um das zum Empfänger gehörige Relais für die Ströme der eigenen Batterie unempfindlich zu machen, bediente sich Gintl im Juli 1853 einer localen Ausgleichungsbatterie. Er ließ nämlich die Kerne des Elektromagneten des Relais nicht blos vom Telegraphiestrome, sondern gleichzeitig auch, aber in entgegengesetzter Richtung, vom Ausgleichungsstrome umkreisen. Zu dem Zwecke schloß der Tasterhebel des Absenders gleichzeitig beide Ströme, die gleich stark magnetisirend wirken mußten.

Bei seinen späteren Versuchen mit seinem elektrochemischen Schreibtelegraphen bewirkte Gintl die Ausgleichung zwischen den Strömen der Ausgleichungs- und der Linienbatterie in

---

1) Comptes rendus XLI, p. 194.

demselben Stromwege. Beide Batterien wurden dabei gleich stark genommen.

Außer diesen beiden Methoden giebt es noch andere, principiell davon verschiedene. Es kann nämlich zunächst der Ausgleichungsstrom durch eine Spannfeder oder durch magnetische Anziehung ersetzt werden. Hierher gehört die im November 1859 Moses G. Farmer patentirte Anordnung, bei welcher das Relais eine doppelte Umwickelung erhielt: der abgehende Strom ging durch die eine, der ankommende bei ruhendem Taster durch die andere; die Batterien wurden mit entgegengesetzten Polen an Erde gelegt. Eine Spannfeder verhütete nun bei einfachem Strome das Ansprechen des eigenen Relais; wenn aber gleichzeitig beide Taster niedergedrückt wurden, so wurde durch den doppeltstarken Strom der Widerstand der Feder überwunden.

Ferner ist eine vierte Methode zu erwähnen, welche im Jahre 1854 erst vom hannöverschen Telegrapheningenieur Carl Frischen und bald darauf in wesentlich übereinstimmender Weise von Siemens und Halske angewandt wurde. Dieselben bewirkten die Ausgleichung durch Zweigströme des Telegraphirstromes, die in entgegengesetzten Richtungen die Kerne des Elektromagneten umkreisten und so ihre magnetisirenden Wirkungen aufhoben.

Das Verfahren von Frischen und Siemens und Halske wurde im folgenden Jahre von Stirling Newall in Gateshead mit Erfolg auf der Manchester-Altringham-Linie erprobt, auf der längern Linie zwischen Birmingham und London aber wirkte die statische Ladung und Entladung der Linie störend, die Versuche wurden deshalb sehr bald wieder aufgegeben.

Um diese Zeit herrschte überhaupt ein bedeutendes Interesse für die Duplextelegraphie, und außer den bereits Genannten beschäftigten sich noch Petřina in Prag, J. Bosscha in Leiden, Edlund in Stockholm, W. H. Preece, Highton u. A. mit diesem Probleme. Aber obgleich bereits 1856 auf mehreren preußischen Linien die Duplextelegraphie praktisch geübt wurde, so war doch ihre Zeit noch nicht gekommen: die Linien waren noch zu mangelhaft gebaut, das Personal

im Ganzen zu wenig geübt und das Bedürfniß nach Ausnutzung der Linien nicht so dringend, und so kam es, daß man angesichts der Uebelstände, die sich herausstellten, das Verfahren fallen ließ und dasselbe mehr und mehr in Vergessenheit gerieth. Einzelne Techniker behielten allerdings immer noch das interessante Problem im Auge, wie z. B. der Telegrapheninspector Maron in Berlin, der zuerst im Jahre 1863 den Empfangsapparat in die Diagonale einer Wheatstone'schen Brücke einschaltete und dadurch eine Ausgleichung durch Zweige des Telegraphirstromes in demselben Stromwege zu Stande brachte. Im Ganzen indessen hielt man derartige Bemühungen in den sechziger Jahren für ziemlich aussichtslos, so daß noch 1867 der Verfasser eines größeren Werkes über Telegraphie die Systeme der gleichzeitigen Doppeltelegraphie und der Duplextelegraphie für Uebungen geistiger Gymnastik bezeichnen konnte, die in ihrer Art recht schön, vom praktischen Standpunkte aus aber ganz unnütz seien.

Das Hauptverdienst um die Wiederbelebung des schlummernden Interesses für die Duplextelegraphie gebührt dem Amerikaner Joseph Barker Stearns von der Western Union-Telegraph-Company, welcher 1868 auf der Linie zwischen New-York und Boston Versuche anstellte. Im Jahre 1872 kam er dann nach England und ließ hier sein System patentiren. Er bediente sich der sogenannten Differentialschaltung, d. h. er erzeugte die Unwirksamkeit des Telegraphirstroms für den Empfänger der sendenden Station nach der letzten der oben erwähnten vier Methoden durch Zweige dieses Stromes in verschiedenen Stromwegen. Außerdem bediente er sich eines abgeänderten Schlüssels für den Sender und wandte zur Beseitigung des störenden Einflusses der Entladungsströme einen Condensator an. Wenngleich hier nicht näher auf Einzelheiten eingegangen werden kann, so müssen doch noch ein Paar bis jetzt noch nicht erwähnte Methoden der Duplextelegraphie kurz charakterisirt werden.

Professor Zetzsche, damals in Chemnitz, hat Ende 1864 mehrere Vorschläge gemacht [1]), um eine Ausgleichung zwi-

1) Die Copirtelegraphen 2c. S. 141.

schen dem unverzweigten Strome und einem seiner Zweigströme herzustellen und mit einem dieser Vorschläge stimmt die Schaltung überein, welche W. H. Preece 1873 als „leakage principle“ beschrieben hat, mit welcher er aber schon 1856 Versuche angestellt haben will.

Auch durch einen von der andern Station kommenden Strom läßt sich die Ausgleichung bewirken, wie dies der Telegrapheningenieur George Kift Winter (1873) von der Madras-Bahn in Ostindien, sowie der Telegrapheninspector Luigi Vianisi in Palermo (1874 und 1876) bei ihren Gegensprech-Einrichtungen gezeigt haben. Bei beiden sind die gleich starken Batterien beider Stationen mit denselben Polen an die Linie gelegt und geschlossen in der Ruhelage des Tasters; ihre Ströme heben sich daher auf. Winter giebt durch das Niederdrücken des Tasters jeder der beiden Batterien einen kurzen Schluß, den er mit Hilfe eines von der Tasterachse kommenden Drahtes so anlegt, daß für den fremden Strom 9/10, für den eignen 1/10 der Windungen abgetheilt werden; in den Stromkreis wird auf jeder Station noch ungefähr 1/9 vom Widerstande der Linie eingeschaltet. Vianisi dagegen giebt beim Niederdrücken des Tasters nur der eigenen Batterie einen kurzen Schluß durch das eigene Relais. Dieser Gegenschreiber von Vianisi ist schon seit längerer Zeit in Italien und der Schweiz in Anwendung und hat sich gut bewährt.[1])

Winter scheint der Erste gewesen zu sein, der sich ernstlich mit dem Gegensprechen durch Submarine-Kabel beschäftigte; auch Stearns, Varley und Louis Schwendler in Calcutta, dem wir eine sehr eingehende theoretische Untersuchung über das Gegensprechen verdanken[2]), waren in gleicher Richtung thätig. Praktische Erfolge wurden aber erst von Dr. Sauty und Harwood 1873 auf der Linie Gibraltar-

1) Außer der Beschreibung von Zetzsche in Dingl. pol. Journ. Bd. 266, S. 503, ist noch die von A. Tobler, das. Bd. 227. S. 549 zu vergleichen.

2) Vortrag in der Asiatic Society of Bengal, 4. Febr. 1874, abgedruckt im Journal télégraphique II, III. Ueber die Duplextelegraphie auf Submarinekabeln ist Nature XV, p. 180 u. XIX, p. 38 zu vergleichen.

Lissabon und in demselben Jahre von B. Smith auf der Linie Malta-Alexandria erzielt. Noch größere Erfolge in dieser Richtung hat aber der Telegrapheningenieur John Muirhead von der Firma Warden, Muirhead und Clark, Westminster, aufzuweisen. Im Juli 1875 wurden zwischen Marseille und Bona, auf einer 448 Seemeilen langen Linie, die ersten erfolgreichen Versuche nach seiner Methode angestellt und im Frühjahr 1876 wurde dieselbe auf der der Eastern-Telegraph-Company gehörigen Linie Marseille-Malta, 826 nautische Meilen, sowie auch auf den Kabel zwischen Suez und Aden, das im elektrischen Sinne eines der längsten ist, nämlich 1461 Seemeilen mißt, zum beständigen Gebrauch eingeführt. Später hat Muirhead auch auf dem directen Kabel zwischen Großbritannien und den Vereinigten Staaten sein System der Duplextelegraphie versucht. Hier hat aber der unermüdliche Stearns den Sieg davon getragen, dem im November vorigen Jahres mit demselben Systeme, das er auf Landlinien anwendet, ohne besondere Hilfsmittel, wie die von Muirhead benutzten künstlichen Condensatoren, auf dem englisch-amerikanischen Kabel das Gegensprechen in befriedigender Weise gelang. Die Zeitschrift „Nature“ vom 14. Nov. 1878 bringt die Copien von ein Paar ganz denselben Charakter tragenden Schriftproben, wie sie auf diesem Kabel beim einfachen Telegraphiren und bei der Duplextelegraphie gewonnen wurden. Es sind dies mit Tinte geschriebene wellenförmige Linien, wie sie der äußerst empfindliche, im Jahr 1867 von Sir William Thomson, Professor an der Universität Glasgow, erfundene Heberschreibapparat (siphon recorder) liefert.[1]) Früher war auf den längern unterseeischen Linien das Thomson'sche Spiegel-Galvanometer (s. dieses Jahrb. III, S. 200) in Gebrauch. Bei diesem befindet sich innerhalb einer großen Spule ein kleiner beweglicher Magnet mit einem Spiegel, auf welchen von einer Lampe ein Lichtbündel fällt, das reflectirt wird, wodurch auf einer Skala, die in einiger Entfernung aufgestellt ist, ein kleines Lichtbild entsteht, das hin und her rückt, wenn der Magnet sich bewegt. Auf diese Weise werden die kleinen Aus-

1) Vergleiche über diesen Apparat Dingl. pol. Journ. Bd. 224, S. 279 und 405.

schläge, welche der elektrische Strom erzeugt, wenn er die Spule umkreist, in vergrößertem Maßstabe sichtbar. Bei dem Thomson'schen Schreibapparate ist aber umgekehrt zwischen zwei großen und kräftig wirkenden Magneten eine kleine bewegliche Spule aufgehängt, die mit dünnem Kupferdraht umwunden ist. Geht nun ein Strom durch die Windungen, so wird die Spule je nach der Richtung des Stromes nach der einen oder nach der andern Seite hin ausschlagen, und diese Bewegungen werden dann auf einen mit Tinte gefüllten Glasheber übertragen, dessen unteres, umgebogenes und zu einem borstendicken Röhrchen ausgezogenes Ende sich dicht oberhalb eines Papierstreifens befindet, der sich von einer Rolle abwickelt. Geht kein Strom durch die Spule, so beschreibt die Heberspitze auf der Mitte des Papierstreifens eine gerade Linie; von dieser Mittellinie weicht aber die beim Durchgange des Stromes beschriebene bald nach der einen, bald nach der andern Seite ab und wie bei der Morse-Telegraphie kurze und lange Striche (Punkte und Striche) die Elemente sind, aus denen die Buchstaben zusammengesetzt werden, so hier die Abweichungen nach oben oder nach unten.

Physik der Erde und Meteorologie.

Die mittlere Dichte der Erde ist neuerdings von J. H. Poynting, Fellow des Trinity College in Cambridge, aufs neue bestimmt worden mit Anwendung einer mehrfach verbesserten Wage.[1]) In seiner am 21. November vorigen Jahres der Royal Society übergebenen Abhandlung bezeichnet er als Ursachen der Fehler, die gewöhnlich bei Benutzung der Wage begangen werden, 1) Störungen durch Temperaturwechsel, als Luftströmungen, verschiedene Ausdehnung die beiden Arme; 2) die Möglichkeit, daß nachdem man den Balken behufs der

1) Proceedings of the Royal Soc. XXVIII, Nr. 190, p. 2; Nature XIX, p. 115. Vergl. Ph. v. Jolly, „die Anwendung der Waage auf Probleme der Gravitation" in den Ann. der Physik u. Chemie. N. F. Bd. 5, S. 112. Jolly fand, daß in München ein Gewichtsstück von einem Kilogr., von einer untern Station auf eine um 5,29 Meter höhere gebracht, einen Gewichtsverlust von 1,509 Milligr. (statt 1,662, wie die Theorie fordert) erleidet.

Arretirung emporgehoben und dann wieder die Schneide der Achse auf die Platte gesetzt hat, nicht wieder dieselben Theile der Schneide und der Platte in Contact kommen. Die aus der ersten Ursache entspringenden Fehler können größtentheils vermieden werden, indem man die Wage mit einem Gehäuse umgiebt und die Schwingungen des Balkens aus einiger Entfernung mittels Spiegelablesung beobachtet. Der Rest der Fehler dieser Klasse kann eliminirt werden, wenn man drei Beobachtungen in gleichen Zeitintervallen anstellt und das arithmetische Mittel aus der ersten und dritten Ablesung mit der zweiten vergleicht; man setzt dabei voraus, daß die Störungen während dieses Zeitraumes proportional der Zeit sich ändern. Die zweite Fehlerquelle beseitigte Poynting, indem er den Wagebalken zwischen den aufeinanderfolgenden Wägungen nicht emporhob. Es wurde vielmehr die Wagschale, welche den abzuwägenden Körper trug, in einer bestimmten Stellung durch eine unter ihr angebrachte Klemme festgehalten, worauf nach Borda's Wägungsmethode Gewichte aufgelegt wurden, die den Balken in derselben Stellung erhielten. Der Werth eines Ausschlages wurde durch auf dem Balken verschiebbare Reiterchen bestimmt.

Um die mittlere Dichte der Erde zu bestimmen, wurde ein Gewicht von einem Pfund engl. (453,59 Gramm) mittels eines Drahtes an dem einen Arm einer Wage, ungefähr 6 Fuß (1,83 Meter) unterhalb desselben, aufgehängt und durch Gegengewichte genau tarirt. Darauf wurde eine große Bleikugel von etwa 340 Pfund Gewicht abwechselnd unmittelbar unter jenes Gewicht gebracht und wieder weggenommen. Im ersten Falle trat in Folge der Anziehung eine Vermehrung des Gewichts ein, die im Mittel $1/45$ Milliontel-Pfund betrug. Aus 11 Beobachtungen ergab sich auf diese Weise ein Werth für die Masse der ganzen Erde, der einer mittleren Dichte von 5,69 entspricht mit dem wahrscheinlichen Fehler 0,15. Ueber frühere Bestimmungen dieser Größe vergl. dieses Jahrb. X, S. 9.

Eine der interessantesten auf die Physik der Erde bezüglichen Aufgaben, die Frage nach der mittleren Tiefe der Oceane und dem Massenverhältniß von Land und Meer ist von Dr. Otto Krümmel, Privatdocent in Göttingen, auf Grund des jetzt ziemlich reichhaltig, wenn auch nicht für alle Gebiete gleichmäßig vorhandenen Materiales einer

neuen Discussion unterworfen worden[1]), und seine Rechnungen führen ihn zu folgenden Werthen für die

Dimensionen der Meeresräume.

	Mittlere Tiefe Faden	Kilom.	Areal in Qu.-Meilen
1. Atlantischer Ocean	2013	3,681	1 394 375
2. Indischer Ocean	1829	3,344	1 340 295
3. Südsee	2126	3,887	2 850 890
4. Südliches Eismeer	1800?	3,3?	375 000?
5. Nördliches Eismeer	845	1,545	246 600
6. Australasiatischer Archipel . .	487	0,891	142 700
7. Amerikanisches Mittelmeer . .	1001	1,832	82 710
8. Romanisches Mittelmeer	729	1,339	52 405
9. Baltisches Mittelmeer	36	0,067	7 545
10. Rothes Mittelmeer	243	0,444	8 075
11. Persisches Mittelmeer	20	0,037	4 300
12. Die Nordsee	48	0,089	9 945
13. Der Canal &c.	47	0,086	3 700
14. St. Lorenz-Golf	160	0,290	4 775
15. Ostchinesisches Meer	66	0,121	22 310
16. Japanisches Meer	1200	2,200	18 105
17. Ochotskisches Meer	830	1,515	26 130
18. Berings-Meer	550	1,000	40 840
Die offenen Oceane 1—3	2026	3,705	5 585 560
Die Mittelmeere 5—11	740	1,353	544 335
Die Randmeere 12—18	386	0,706	125 810
Das Weltmeer 1—18	1877	3,432	6 630 705

Am unzuverlässigsten ist die Angabe über das südliche Eismeer, für welches, ebenso wie für einen Theil des nördlichen, zusammen etwa 7 Proc. der ganzen Meeresfläche, gar kein Ma=

1) Nachrichten von d. kgl. Ges. d. Wissensch. und der Univ. zu Göttingen. 1878 Nr. 16 (18. Dec.), S. 556. Die bei der Berechnung benutzte Methode ist von Peschel in seinen Neuen Problemen d. vergleich. Erdkunde (S. 78 der 2. Aufl.) angegeben. Sind $f_1, f_2, \ldots$ die Flächen der einzelnen Parallelstreifen (etwa von 5 zu 5° oder von 1 zu 1°), $t_1, t_2, \ldots$ ihre mittleren Tiefen, so ist die mittlere Tiefe des ganzen Meeresraumes die Summe der Producte $f_1 t_1$, $f_2 t_2, \ldots$, dividirt durch die Summe $f_1 + f_2 + \ldots$ Genauere Nachweise über diesen Gegenstand enthält der jüngst erschienene „Versuch einer vergleichenden Morphologie der Meeresräume" von O. Krümmel. Leipzig 1879.

terial, „auch nicht einmal ein Anhalt für Schätzungen" vorhanden war.

In Folge der rohen Methode der Arealbrechung, auf welche Krümmel bei seiner Rechnung angewiesen war, erhält er nur 6 630 705 Qu.-Meilen für die gesammte Meeresfläche, statt 6 786 000 Qu.-Meilen die sich ergeben, wenn man von der Erdoberfläche = 9 261 000 Qu.-Meilen das Areal der fünf Continente = 2 454 000 Qu.-Meilen (nach Herm. Wagner) und der Polarländer = 21 000 Qu.-Meilen abzieht. Bei den weiteren Untersuchungen benutzt nun Krümmel den letzteren Werth, er setzt also das Flächenverhältniß zwischen Land und Wasser = 1:2,75.

Was die mittlere Erhebung der Festländer über das Niveau des Meeres anlangt, so sind die von Humboldt (Kleinere Schriften S. 438) gegebenen Zahlen gegenwärtig als „völlig veraltet" zu betrachten. Humboldt giebt für Europa 205 Met. an, während vor einigen Jahren Gustav Leipoldt durch eine „mit musterhafter Sorgfalt und strenger Methode" ausgeführte Rechnung 296,84 Meter oder rund 300 Meter, d. i. 44 Proc. mehr, gefunden hat.[1]) Indem nun Krümmel die anderen Humboldt'schen Zahlen (284 Met. für Amerika und 350 Met. für Asien) in demselben Verhältnisse vermehrt, erhält er für Amerika 330 und für Asien 500 Met. Afrika giebt er dieselbe Höhe wie Asien, für Australien aber nimmt er 250 Meter an. Daraus folgt für die mittlere Erhebung aller Festländer über der Meeresoberfläche 420 Meter = 0,0566 Meilen, und es beträgt sonach das Volumen aller Festländer über dem Meeresspiegel 140 086 Cubikmeilen. Für den Inhalt der Meeresräume (Fläche 6 786 000 Qu.-Meilen, mittlere Tiefe 3432 Meter = 0,4632 Meilen) dagegen finden sich 3 138 000 Cubikmeilen, so daß die Volumina des Festlandes und des Meeres sich wie 1:22,4 verhalten. „Man könnte also die Continente, so weit sie über dem Meeresspiegel liegen, 22,4 mal in die Meeresbecken hineinschütten." Rechnet man aber die Erhebung der Continente von der mittleren Tiefe des Meeresbodens an, so ergiebt sich 0,0566 + 0,4624 = 0,519 Meilen und das Volumen des

1) „Ueber die mittlere Höhe von Europa." Plauen 1874.

Erdfesten beträgt daher 1 284 500 Cubikmeilen; „es könnten also die Festlandmassive, gerechnet vom Niveau des Meeresbodens an, in den Meeresbecken nur 2,443 mal untergebrach werden.“

Um das Massenverhältniß zwischen Meer und Festlan vergleichen zu können, geht Krümmel von der von J. Han gegebenen Formel für das specifische Gewicht s des Meerwasse bei einer Temperatur von t⁰ und einem Salzgehalte von Procent aus:

$$s = 1{,}02916 - 0{,}000\,006\,(6{,}7 + t)\,t + 0{,}0077\,(p - 3{,}5)$$

Da er p = 3,5 setzt, so fällt das letzte Glied der Formel w Für die Mitteltemperatur des Meeres aber erhält er aus Temperaturprofilen, entworfen nach den Messungen der Cha lenger-Expedition, den Werth 3,8⁰ C; daher ist s = 1,02922 Indem er nun für die Festländer der allgemeinen Annahme fol gend, das spec. Gewicht 2,5 setzt, findet er als Werthe für die

Masse der	Meeresräume	3 229 700
„ „	Erdfesten	3 211 310.

Beide sind nahezu gleich und würden ganz übereinstimmen, wenn man 2,51432 statt 2,5 setzte.

Bei Annahme des Humboldt'schen Werthes von 0,0415 Meilen für die Erhebung des Festlands über das Meer, ergiebt sich die Masse des Erdfesten = 3 117 880, und man müßte für das specifische Gewicht des Festlandes 2,5897 setzen, um die Massen der Meeresräume und Erdfesten einander gleich zu machen. Auch diese Annahme würde noch innerhalb der bisherigen Schätzungen — 2,5 bis 2,6 — liegen. Da hiernach etwaige Fehler in den zu Grunde gelegten Arealen und Höhenziffern nur relativ wenig an dem Endergebniß ändern, so glaubt Krümmel den Satz aussprechen zu dürfen, „daß es mehr als wahrscheinlich ist, daß Gleichgewicht herrscht zwischen der irdischen Meeresdecke und den Erdfesten.“ Wenn nun dieses Gleichgewicht sich als ein nothwendiges und dauernd herrschendes Gesetz erweisen sollte, und wenn die Annahme, der wir oft begegnen, daß in zurückliegenden Weltaltern das Areal des Festlandes beträchtlich kleiner gewesen ist als jetzt, begründet ist, „so müßte damals das specifische Gewicht der Festlandmassive ein entsprechend höheres gewesen sein als heute: eine Schlußfolgerung, welche wirklich

in der Thatsache Bestätigung finden würde, daß die älteren Gesteine auch immer die specifisch schwereren sind."

Wir schließen hieran eine Uebersicht der größten gelotheten Meerestiefen und der niedrigsten Temperaturen des Meeresbodens in den einzelnen Oceanen, welche Dr. G. von Boguslawski in den Verhandlungen der Gesellschaft für Erdkunde in Berlin (Jahrg. 1879) gegeben hat.

Die größten, mit zuverlässigen Tiefloth-Apparaten gemessenen Meerestiefen sind folgende:

Ocean	Geographische Breite	Länge v. Greenw.	Größte Tiefe Meter	Faden	Gelothet vom Schiff
Nördl. Atlant. O.	19°41′n.	65°7′ w.	7086	3875	Challenger 1873
Südl. "	19 55 s.	24 50 "	6006	3281	Essex 1878
Nördl. Stiller O.	44 55 n.	152 26 ö.	8513	4655	Tuscarora 1874
Südl. " "	36 21 s.	153 8 w.	5422	2965	Gazelle 1875
Indischer O. . .	16 11 s.	117 32 ö.	5523	3020	" 1875
Nördl. Polarm.	78 30 n.	2 30 w.	4846	2650	Sofia 1868
Südocean . .	62 26 s.	95 44 ö.	3612	1975	Challenger 1874

Die niedrigsten Temperaturen des Meeresbodens, welche mit vor Druck geschützten Tiefsee-Thermometern gemessen worden sind:

Ocean	Geographische Breite	Länge	Boden-temperatur °C.	Boden-tiefe Met.	Gemessen vom
Nördl. Atlant. O.					
östl. Theil . .	2° 52° n.	17° 0′ w.	1,6	4526	Challenger 1873
	23 58 "	21 18 "	1,7	4206	" 1873
mittl. Theil . .	0 9 "	30 18 "	0,9	4160	" 1873
	38 2 "	39 19 "	1,6	3977	" 1873
westl. Theil . .	57 50 "	44 52 "	0,8	3402	Valorus 1875
	18 54 "	61 28 "	1,3	5532	Challenger 1875
Südl. Atlant. O.					
	35 35 s.	16 9 ö.	0,5	4252	" 1873
mittl. Theil . .	2 42 "	14 41 w.	0,4	4298	" 1876
	22 23 "	25 27 "	0,4	5170	Gazelle 1876
westl. Theil . .	37 31 "	36 7 "	—0,6	4892	Challenger 1876
	34 11 "	41 54 "	0,0	4480	Gazelle 1876

Ocean	Geographische Breite	Geographische Länge	Bodentemperatur °C.	Bodentiefe Met.	Gemessen vom
Nördl. Stiller O.					
östl. Theil . .	26 22 n.	137 22 "	0,3	3948	Tuscarora 1874
	36 37 "	123 56 "	0,6	3847	" 1873
mittl. Theil . .	53 58 "	153 0 "	0,3	4636	" 1874
	21 0 "	159 25 "	0,5	1422	" 1874
	2 34 "	149 9 "	0,7	5349	Challenger 1875
westl. Theil . .	48 21 "	155 28 ö.	−0,4	3509	Tuscarora 1874
	44 2 "	148 16 "	−0,2	1920	" 1874
	19 24 "	141 13 "	1,0	4480	Challenger 1875
	11 24 "	143 16 "	1,1	8367	" 1875
Südl. Stiller O.					
östl. Theil . .	39 52 s.	98 46 w.	0,7	4151	" 1875
	47 30 "	92 53 "	0,7	4691	Gazelle 1876
mittl. Theil . .	25 5 "	172 56 "	0,5	5303	Challenger 1874
	47 30 "	168 27 "	0,7	5002	Gazelle 1876
westl. Theil . .	35–37° "	155–158° ö.	0,6	4755	Challenger 1874
	0° 39′ "	138° 55′ "	1,3	3658	" 1876
	0 5 "	132 29 "	1,7	4389	Gazelle 1876
Indischer Ocean					
	53 55 "	108 35 "	−0,6	3566	Challenger 1874
	31–38° "	90—110 "	0,9	5276	Gazelle 1875
	16° 11′ "	117° 32′ "	0,9	5523	" 1875
	32 11 "	59 42 "	0,7	4618	" 1875
	45 46 "	70 40 "	0,7	3109	" 1875
	36 48 "	19 24 "	1,4	3475	Challenger 1873
Südocean	62 26 "	95 44 "	−1,0	3612	" 1874
Nördliches Meer					
Zwischen 60–70° n. Br. u. 20° w. bis 40° ö. L.[1])	65 47 n.	3 7 w.	−1,7	3403	Mohn 1876
	60 21 "	5 41 "	−1,3	1060	Carpenter 1869
Nördl. Polarmeer	79 15 "	59 25 ö.	−2,2	240	Weyprecht 1872
	70 "	6 15 "	−2,0	3127	Mohn 1877
	74 15 "	15 25 w.	−1,6	293	Koldewey 1869
	76 26 "	0 29 "	−1,3	3083	Mohn 1878
	79 36 "	69 1 "	−1,1	170	Bessels 1872.

1) Die niedrigste bis jetzt gemessene Temperatur fand Sir John Roß mit einem Six-Thermometer im Jahre 1818 in 66° 50′ n. Br. und 61° w. L., nämlich — 3° 5; dieselbe erscheint indessen weniger zuverlässig, als die neuern Messungen.

Meeresströmungen.

Wenn die Frage nach der Entstehung der Meeresströmungen heutzutage immer noch einer befriedigenden Antwort harrt, so ist nicht unsere Unkenntniß irgend welcher Hauptursachen dieser Erscheinung Schuld daran, sondern der Umstand, daß wir über die Art und Weise des Zusammenwirkens der verschiedenen hierbei thätigen Kräfte und über den Antheil jeder einzelnen noch nicht im Klaren sind. Die aufgestellten Theorien sind vielfach zu einseitig. So stehen jetzt in England zwei Ansichten einander gegenüber, die von W. C. Carpenter und von Sir Wyville Thomson aufgestellt sind. Während der erstere in der Oberflächenkälte in den Polarmeeren die erste Ursache der beständigen verticalen und damit auch der allgemeinen Circulation des Wassers im Oceane erblickt, sucht der letztere die Meeresströmungen zum größten Theile auf einen Ueberschuß des Niederschlages über die Verdunstung in der südlichen oder Wasser-Hemisphäre und einen entsprechenden Ueberschuß der Verdunstung über den Niederschlag in der nördlichen oder Land-Hemisphäre zurückzuführen. Eine gerechte Würdigung des Einflusses, den eine jede der mannigfachen Ursachen ausübt, hat vor einiger Zeit F. L. Ekman, Professor am kgl. technologischen Institute in Stockholm, in einer der schwedischen Akademie der Wissenschaften vorgelegten Abhandlung versucht [1]). Hier wollen wir vorzugsweise einer für die Theorie der Meeresströmungen sehr wichtigen Untersuchung des Professor Karl Zöppritz [2]) in Gießen gedenken, der die Frage zu beantworten sucht, welche Bewegungen eine unbegrenzte Flüssigkeitsschicht unter der Einwirkung von nur auf die Oberfläche wirkenden äußeren Einflüssen annimmt, vorausgesetzt daß in der Flüssigkeit innere Reibung

1) On the general causes of the Ocean-currents. Upsala 1876 (Nova Acta Reg. Soc. Ups. Ser. III). Vergl. ferner: Blazek, Entwurf einer Theorie der Meeresströmungen. Prag 1876. — Krümmel, die äquatorialen Meeresströmungen des atlant. Oceans und das allgemeine System der Meerescirculation. Leipzig 1877. — Jarz, die Strömungen im nordatlant. Ocean mit besonderer Rücksicht des Golfstromes. Wien 1877. — E. Witte, über Meeresströmungen. Pleß, 1878. — Karsten, das Problem der Meeresströmungen in der Zeitschr. der Berlin. geogr. Gesellsch. 1878.

2) Ann. der Physik u. Chemie. N. F. Bd. 3, S. 583; Auszug in der „Gäa“ 1878, S. 515.

stattfindet, wie dies beim Wasser und allen übrigen bekannten Flüssigkeiten in höherem oder geringerem Maße der Fall ist.

Obwohl nämlich Seefahrer und Geographen vielfach die Meinung festhalten, daß die großen Aequatorialströmungen des Oceans durch die Passatwinde erzeugt werden, giebt es doch zahlreiche Theoretiker, welche den Einfluß des Windes auf die Oberfläche des Meeres beschränkt wissen wollen und das Eindringen der von ihm erzeugten Oberflächenströmungen in größere Tiefen bestreiten. Zöppritz zeigt aber, daß die Geschwindigkeit allmählich von der Oberfläche nach der Tiefe hin fortgepflanzt wird und daß, wenn die Oberflächenschicht beständig in constanter Geschwindigkeit erhalten bleibt, nach unendlich langer Zeit die ganze Wassermasse sich in einem stationären Bewegungszustande befindet. Die Geschwindigkeit ist dann nur von der Tiefe abhängig, mit wachsender Tiefe nimmt sie ab, am Boden ist sie Null. Der Reibungs-Coëfficient übt auf die Größe der Geschwindigkeit im stationären Zustande keine Wirkung, dieselbe wird also in einer sehr zähen Flüssigkeit nach demselben Gesetze abnehmen wie in einer ganz leicht beweglichen. Die Abhängigkeit vom Reibungscoëfficienten tritt erst bei der Betrachtung zeitlich veränderlicher Bewegungen ein und giebt ein Maß für die Tiefe des Eindringens des Oberflächenantriebes innerhalb einer gewissen Zeit. Dieses Eindringen erfolgt im Ganzen sehr langsam. Wendet man O. E. Meyer's Werth für den Reibungs-Coëfficienten des Meerwassers (= 0,0144 für Centimeter und Secunde) an, so folgt aus der von Zöppritz entwickelten Formel, daß ein Punkt in 100 Meter Tiefe unter der Oberfläche erst nach 239 Jahren die Hälfte der Oberflächengeschwindigkeit annimmt; $^1/_{10}$ der letzteren dringt in 41 Jahren in diese Tiefe. Da derselben Formel zufolge sich die Tiefen wie die Quadratwurzeln aus den Zeiten verhalten, so treten in 10 Meter Tiefe die Geschwindigkeiten von $^1/_2$ und $^1/_{10}$ der oberflächlichen schon nach 2,39 und 0,41 Jahren auf.

Wenn die Geschwindigkeit der Oberfläche periodisch veränderlich ist, so werden auch die Geschwindigkeiten der Tiefe innerhalb der gleichen Perioden sich ändern. Aber die Amplituden werden mit wachsender Tiefe schnell abnehmen, so daß die jährliche Periode in 100 Meter Tiefe bereits unmerklich wird, und der Eintritt der Maxima und Minima wird verzögert werden.

III.

Chemie und chemische Technologie.

Die Vorbereitung für den Eintritt in die chemische Technik.

Die Frage, welchen Bildungsgang der Knabe zu wählen hat, der sich dereinst der chemischen Technik widmen will, ist neuerdings von Wunder einer Erörterung unterworfen worden, und zwar in einer dem diesjährigen Osterprogramm der technischen Staatslehranstalten zu Chemnitz vorausgeschickten Abhandlung, welche, da sie in weiteren Kreisen Interesse zu finden schien, in separatem Abdruck [1]) auch durch den Buchhandel Verbreitung gefunden hat. Ein Referat über den Inhalt der erwähnten Schrift dürfte vielleicht auch dem Leser dieses Jahrbuches nicht unwillkommen sein.

Der Zahl der Bildungsanstalten, auf welchen die der chemischen Technik zustrebende Jugend die Vorbereitung für den künftigen Beruf sucht und findet, hat sich im Laufe der letzten Jahrzehnte sehr erheblich vermehrt. Während der Besuch des Gymnasiums und der Universität Diejenigen zu ihrem Ziele führt, welche ihren speciellen Fachstudien eine möglichst allgemeine wissenschaftliche Ausbildung als Basis geben zu müssen glauben, steht Anderen, die ihre Studien auf die der Technik näher liegenden Disciplinen zu beschränken wünschen, der Weg durch Realschule und Polytechnikum offen. Dazu hat das Streben, den künftigen Industriellen in möglichst kurzer Frist mit den

1) Wunder, die Vorbereitung für den Eintritt in die chemische Technik. Chemnitz, 1879.

zur Ausübung seines künftigen Berufes erforderlichen theoretischen Vorkenntnissen auszurüsten, die Gewerbschulen und die Werkmeisterschulen entstehen lassen, welche auf verschiedenem Grade der Vorbildung fußend und in der Höhe des Lehrzieles von einander abweichend, ihren Schülern in verschiedenen und zwar in kürzeren Fristen als die polytechnischen Schulen, die zur Erreichung ihres Zweckes erforderlichen Mittel bieten sollen.

Erwägt man nun, daß selbst die gleich benannten Anstalten in ihrer Organisation noch wesentlich variiren, daß die als höhere Gewerbschulen bezeichneten Lehranstalten ein höheres Lehrziel zu erreichen suchen als ihre Schwesteranstalten; zieht man überdies in Betracht, daß die in neuerer Zeit zahlreich eröffneten, sogenannten Fachschulen, wie deren für Brauer, für Färber, Zuckerfabrikanten u. s. w. existiren, ihren Schülern die zur Ausübung ihres Berufes erforderlichen Kenntnisse in kürzester Frist zu gewähren versprechen: so begreift man, daß es dem Jüngling, welcher der chemischen Technik sich zuzuwenden entschlossen ist, oft schwer fallen mag, aus der Zahl der ihm offenstehenden Bildungsanstalten, die seinen Zielen und Kräften am besten entsprechende auszuwählen. Ihm hierbei durch einige Fingerzeige behülflich zu sein, ist der Zweck der erwähnten Schrift.

Ohne Zweifel liegt den chemisch-technischen Lehranstalten in ihrer Gesammtheit die Aufgabe ob, der chemischen Industrie für alle Arten der Verwendung möglichst zweckentsprechend vorgebildete Arbeitskräfte zuzuführen.

Indessen die Verschiedenartigkeit der Ansprüche, welche einerseits an die Fertigkeiten und Fachkenntnisse, andererseits an den allgemeinen Bildungsgrad der im Gebiete der chemischen Technik thätigen Arbeitskräfte zu stellen sind, bedingt auch eine Verschiedenartigkeit in der Schulung dieser Kräfte und somit Unterschiede in der Organisation der mit der Schulung dieser Kräfte sich befassenden Lehranstalten.

Die unterscheidenden Momente geben sich zunächst in der variirenden Höhe des durch den chemischen Unterricht angestrebten Lehrziels zu erkennen; sie treten ferner ganz wesentlich hervor in der größeren oder geringeren Zahl der übrigen in den Lehrplan der Schule aufgenommenen Unterrichtsfächer, als Mathematik, Mechanik, Maschinenlehre &c. und in der Aus-

dehnung, in welcher das Studium der letzteren betrieben wird. Ueberdies bedingt der verschiedene Grad der allgemeinen Vorbildung, welcher beim Eintritt in die Schule vorausgesetzt wird, Abweichungen in den Ausgangspunkten des Unterrichts und in der in Anwendung zu bringenden Lehrmethode. Je nachdem ferner die Absolvirung der Schule den Schüler in den Besitz gewisser Berechtigungen bringt oder nicht, je nachdem hiernach die Fortschritte der Schüler einer mehr oder minder scharfen Controle unterworfen werden, kann entweder ein strengeres Festhalten der Schüler an einem vorgeschriebenen Studienplan geboten erscheinen oder kann es für empfehlenswerth erachtet werden, die Betheiligung an den verschiedenen Unterrichtsdisciplinen der freien Wahl des Schülers zu überlassen; auch diese Umstände werden auf den Character der Schule einen wesentlichen Einfluß ausüben. Hieraus geht hervor, daß eine erhebliche Anzahl von Momenten in Betracht zu ziehen ist, wenn es gilt, von der Eigenart einer Schule ein klares Bild zu entwerfen; doch soll versucht werden, die Vortheile hier darzulegen, welche die Wahl des einen und des anderen Bildungsganges dem künftigen, der Technik sich zuwendenden Chemiker gewährt.

Mit Recht werden die Laboratorien der Universitäten als die eigentlichen Pflegestätten der Chemie bezeichnet und haben dieselben daher auch als Schulen ersten Ranges für Chemiker zu gelten. Wenngleich sie nicht das specielle Ziel verfolgen, Schüler für den technischen Beruf vorzubereiten, so ist doch anzuerkennen, daß es trotz der mannigfaltigen Anwendungen der Chemie nur eine Chemie giebt und daß wir in dem Maaße, als wir den Umfang unseres rein chemischen Wissens erweitern, auch an Befähigung gewinnen werden, von demselben nutzbringende Anwendung zu machen.

Der mit der nöthigen, allgemeinen Vorbildung ausgerüstete Schüler findet aber in den Universitätslaboratorien Gelegenheit wie nirgends anders, sich in seine Studien zu vertiefen. Das Lehrziel erscheint hier ein unbegrenztes. Ein Jeder vermag hier, sofern nur die nöthige Kraft ihm innewohnt, und der Dauer seiner Studien keine Grenzen gesetzt sind, sich auf die Höhe der Wissenschaft zu erheben und ein Meister zu werden im Verständniß chemischer Prozesse. Nicht nur von den Eigenschaften der Körper und ihrem gegenseitigen Verhalten

wird er genaue Kenntniß erlangen, er wird sich die Fähigkeit aneignen, mit Hülfe des Experiments Fragen an die Natur zu richten, er wird eine Untersuchung zu führen und durch sie Fragen zu beantworten und Aufschlüsse über Erscheinungen zu geben lernen, welche bisher unergründet waren.

Ohne Zweifel wird ein mit solchem Wissen und Können ausgerüsteter Mann der Technik außerordentliche Dienste zu leisten vermögen. Er wird da, wo der nach Recepten arbeitende Praktiker das plötzliche Mißlingen einer häufig geübten Operation unerklärlich findet, in vielen Fällen alsbald die Ursachen des Mißerfolges zu ermitteln und die störenden Einflüsse zu beseitigen wissen. Die Wissenschaft wird ihm die Mittel an die Hand geben, die Fabrikationsmethoden zu vervollkommnen und die Industrie auf neue Bahnen zu lenken. Wer möchte einem jungen Manne, der die nöthige Befähigung besitzt, und dem es nicht an Zeit und Mitteln gebricht, widerrathen, bei seinen Studien den Weg zu betreten, der zu so hohem Ziele zu führen verspricht!

Aber die Chemie ist allerdings nicht die einzige Wissenschaft, auf welche die chemische Technik sich stützt. Wohl reflectiren verschiedene industrielle Etablissements, z. B. die mit der Fabrikation gewisser Farbstoffe und Farbwaaren beschäftigten, ferner manche Hüttenwerke 2c. auf Arbeitskräfte, denen es im Wesentlichen nur obliegt, sich in den Laboratorien der Etablissements mit Untersuchungen und Arbeiten wissenschaftlicher Art zu befassen. Allein dies ist der seltenere Fall. Die im Großen betriebene Fabrikation bedarf zur Bewältigung der großen Massen des zu verarbeitenden Materials mannigfaltiger Apparate und Maschinen; man wird daher von dem mit der Leitung einer Fabrik oder mit der Leitung eines Fabrikationszweiges beauftragten Chemiker in den meisten Fällen verlangen, daß er mit der Führung dieser Maschinen vollkommen vertraut sei, ja man wird von ihm beanspruchen müssen, daß er die Leistungsfähigkeit aller in seiner Fabrikationsbranche verwendbaren Maschinen genau zu beurtheilen vermöge, um zur Erreichung eines jeglichen Zweckes die geeignetsten Mittel in Anwendung zu bringen. Kurz gesagt, der industrielle Chemiker muß in der Mechanik und Maschinenkunde bewandert sein. Dies wird von vielen der Technik sich zuwendenden Chemikern

unbeachtet gelassen und hierin ist es gar häufig begründet, wenn diese trotz ausgezeichneter, chemischer Kenntnisse in ihrer technischen Laufbahn das gehoffte Ziel nicht erreichen. Wendet sich daher ein junger Mann den academischen Studien mit der Absicht zu, sich nicht ausschließlich der Wissenschaft zu widmen, sondern dereinst praktische Anwendung von seinen Kenntnissen zu machen, so ist ihm entschieden zu rathen, beizeiten neben der Chemie auch der Maschinenlehre und ihren Hülfswissenschaften das nöthige Interesse zuzuwenden.

Freilich bietet ihm hierzu die Universität weniger Gelegenheit als das auf die Ausbildung künftiger Techniker unmittelbar hinzielende Polytechnikum, und hierin liegt der Vortheil, welchen ihm der Besuch des letzteren gegenüber den Universitätsstudien gewährt.

Der Studienplan, welcher den Polytechnikern an die Hand gegeben zu werden pflegt, erleichtert es den in die chemische Abtheilung eintretenden Schülern in hohem Grade, sich in systematischer Folge auch mit den der Technik zu Gebote stehenden mechanischen Hülfsmitteln bekannt zu machen und sich die dem Techniker kaum entbehrliche Fertigkeit im Zeichnen, in kaufmännischer Buchführung u. s. w. anzueignen.

Im Uebrigen sind gegenwärtig die polytechnischen Schulen mit allen zu dem Studium der Naturwissenschaften erforderlichen Hülfmitteln in gleicher Weise versehen wie die Universitäten; ihre Laboratorien sind nicht minder vollkommen ausgestattet als die der letzteren und man bemüht sich, ihre Lehrstühle mit Autoritäten ersten Ranges zu besetzen, so daß die Erfolge, welche der Chemiker in seinen eigentlichen Fachstudien auf den polytechnischen Schulen erzielen kann, nahezu dieselben sind, wie diejenigen, welche er auf der Universität zu erreichen hoffen darf. Der künftige Techniker wird daher, nicht mit Unrecht, dem Besuche des Polytechnikums, hingegen derjenige, welcher eine rein wissenschaftliche Carrière im Auge hat, dem Besuche der Universität den Vorzug geben, so lange nicht die Anziehungskraft, welche einzelne Lehrer durch ihre Persönlichkeit ausüben, auf eine Entschließung im entgegengesetzten Sinne hinwirkt.

Der Besuch des Polytechnikums oder der Universität setzt die Absolvirung des Gymnasiums oder der Realschule erster

Ordnung voraus. Die Discussion der Frage, in welchen Fällen der einen oder der andern dieser Anstalten der Vorzug zu geben sei, soll hier nicht aufgenommen werden. Ohne Zweifel kann der Schüler in beiden die bei der Inangriffnahme der Fachstudien vorauszusetzende formale Bildung erlangen, doch wird im Allgemeinen das Gymnasium für die Universität, die Realschule für das Polytechnikum als die geeignetste Vorbereitungsanstalt zu betrachten sein.

Allen denen, die ihr Glück in der chemischen Technik zu finden hoffen und die zugleich die Fähigkeiten und die Mittel besitzen, sich dereinst der schwierigsten Aufgabe der Technik zu unterziehen, die sich sonach berufen fühlen, den höchsten Zielen, welche die technische Laufbahn bietet, zuzustreben, ist hiernach zu empfehlen, daß sie sich unter Berücksichtigung des Gesagten entweder durch den Besuch des Gymnasiums und der Universität oder durch Absolvirung der Realschule und des Polytechnikums in vollkommenster Weise für den künftigen Beruf vorzubereiten suchen. Aber beide Wege sind lang.

Nicht Jeder, welcher die Lehren der Wissenschaft in seinem Berufe nutzbringend zu verwenden wünscht, ist in der Lage, nach einem acht- bis neunjährigen Besuche des Gymnasiums oder der Realschule noch drei bis vier Jahre dem theoretischen Fachstudium auf Universität oder Polytechnikum zu widmen, zumal die beabsichtigte Ausübung einer praktischen Thätigkeit in irgend einer Branche der Technik dem Lernenden meist überdies noch auferlegt, sich gewisse Handfertigkeiten durch Absolvirung einer Lehrzeit in der Praxis anzueignen. Somit würden Viele in Folge der Beschränktheit ihrer Mittel auf die Vortheile, welche eine tüchtige Schulbildung gewährt, von Haus aus ganz verzichten müssen, wenn ihnen nicht andere Bildungsstätten die Möglichkeit böten, auf kürzerem Wege zu ihrem Ziele zu gelangen. Zudem ist nicht Jeder berufen, die kostbarsten Früchte zu pflücken, die der Himmelsstrich, unter dem er wohnt, zu zeitigen vermag; nicht Jeder ist befähigt, der Industrie neue Wege zu bahnen.

Vielfach wird der Grund zu den Mißgriffen, die der Mann in der Ausübung seines Berufes begeht, schon bei der Wahl der Bildungsstätte gelegt, welcher man den Knaben zuführt. Denn oftmals soll der Besuch der hohen Schule den Knaben

zum Leiter großer Etablissements ausbilden, der kaum das Zeug in sich trägt, dereinst als Werkmeister zu fungiren, und trotz der Dürftigkeit der erzielten Erfolge fühlt der junge Mann durch das Bewußtsein, aus dem Borne der Weisheit geschöpft zu haben, seinen Unternehmungsgeist gestählt, der ihm zum Verhängniß wird. Wohl wächst der Mensch mit seinen größeren Zwecken, doch es ist nicht wohlgethan ein höheres Ziel als das erreichbare anzustreben. Wer sich aber mit der Aussicht begnügt, dereinst in einem Etablissement von nicht ungewöhnlicher Ausdehnung und in einer Fabrikation, deren Methoden sich nicht mehr im Stadium des Versuches bewegen, die Stelle eines technischen Directors zu übernehmen, oder wer einer der mittleren Lebensstellungen im Gewerbswesen zusteuert, der wird sein Ziel auf kürzerem Wege erreichen können, als durch den Besuch der Hochschule; ihm genügt es, die Gewerbschule oder nach Befinden die noch rascher zu durchlaufende Werkmeisterschule zu absolviren. Ueberblickt man die Zahl derer, die sich in technischen Etablissements in mittleren Stellungen befinden, erwägt man, daß man hier Technikern zweiten und dritten Ranges in weit größerer Anzahl begegnet, als höheren Beamten, so sollte man wohl erwarten, daß die verschiedenen Kategorien der Schulen im Allgemeinen eine um so größere Schülerzahl aufzuweisen haben, je weniger hoch das Ziel ist, das sie im Auge haben. Thatsächlich aber entspricht wenigstens die Frequenz der chemischen Abtheilungen der verschiedenen Schulen dieser Erwartung nicht. In dem Laboratorium der Werkmeisterschule begegnen wir einer geringeren Schülerzahl als in dem der Gewerbschule und letzteres finden wir weniger frequentirt, als das Laboratorium des Polytechnikums.

Wohl mögen verschiedene Ursachen hier zusammen wirken. Zunächst ist Jeder geneigt, für seinen künftigen Wirkungskreis ein möglichst weites Feld in Aussicht zu nehmen und gern wendet sich daher Jeder der Bildungsstätte zu, die ihm das lohnendste Ziel verheißt. Auch würde ja diese ein würdiges Streben bekundende Thatsache allseitig nur freudig zu begrüßen sein, wenn eben nur Solche der schwierigeren Aufgabe sich unterziehen wollten, die derselben gewachsen sind, und wenn nicht andererseits bei der beschränkten Nachfrage nach den auf höhere Posten reflectirenden Kräften und dem gegenüberstehenden reich-

lichen Angebote derselben Viele schließlich doch dazu genöthigt würden, sich in untergeordneten Stellungen ein Unterkommen zu suchen, wenngleich sie von Haus aus eine höhere Carrière in Aussicht genommen.

Unzufriedenheit und Mißstimmung bemächtigen sich nicht selten des Technikers, welcher sich zu Höherem berufen glaubte und die ihm angewiesene Stellung seinem Bildungsgrade und den Opfern nicht entsprechend findet, die er während seiner Studienzeit gebracht hat. Unmöglich kann solche Stimmung eine günstige Rückwirkung auf die Thätigkeit des Mannes ausüben und hierin mag es begründet sein, daß man die Industriellen selten geneigt findet, Posten, die von Leuten mittlerer Bildung gut verwaltet werden, jungen Männern zu übertragen, die von der Hochschule kommen. Es erscheint daher in mehrfacher Beziehung bedenklich, der Neigung des Knaben, seine Studien möglichst weit auszudehnen, unter allen Umständen Vorschub zu leisten, zumal es ja auch vorkommt, daß minder stichhaltige Momente, wie z. B. der Wunsch, eine Zeit lang die academische Freiheit zu genießen, auf die Tendenz des lebenslustigen Jünglings, sich hierhin oder dorthin zu wenden, influiren.

Einen ferneren Umstand, der ganz wesentlich dazu beiträgt, daß die mit der Heranbildung von Technikern sich befassenden Mittelschulen trotz ihrer zum Theil ganz ansehnlichen Frequenz doch noch nicht allseitig die verdiente Beachtung finden, glaubt der Verfasser in der Thatsache erblicken zu müssen, daß das große Publikum von der Organisation und den Zielen dieser Anstalten, und insbesondere ihrer chemischen Abtheilungen noch nicht genügende Kenntniß besitzt. In der That sind noch Viele der Meinung, daß in den Laboratorien der Gewerbschule und der Werkmeisterschule der künftige Färber sich angelegen sein lasse, Läppchen zu färben, während der künftige Gerber angehalten werde, fleißig Hautabfälle in Gerbsäurelösung zu tauchen und sich in der Ueberführung der thierischen Membran in Leder zu üben u. s. w. Wohl mögen in der Zeit, als die ersten technischen Lehranstalten entstanden, Mißgriffe insofern gethan worden sein, als der Schüler zu Beschäftigungen mit herangezogen wurde, die weder geeignet waren, ihn zur Ausführung der dem Handwerker obliegenden Manipulationen ge-

schickt zu machen, noch auch dazu beitrugen, seine Kenntnisse zu vermehren und seinen Gesichtskreis zu erweitern. Aber bald hat die Erfahrung den rechten Weg einzuschlagen gelehrt und die Gewerbschulen und Werkmeisterschulen haben denselben ohne Zweifel betreten, seitdem sie sich die Aufgabe gestellt, ihren Schülern lediglich die ihren Bedürfnissen entsprechende, theoretische Ausbildung zu geben.

Der Verfasser hält es, um den noch vorhandenen, irrigen Anschauungen des Publikums zu begegnen, für angemessen, hier die Ziele einer kurzen Besprechung zu unterwerfen, welche die chemischen Abtheilungen der Höhern Gewerbschule und der Werkmeisterschule in Chemnitz verfolgen und zugleich die Wege anzudeuten, auf welchen die Erreichung dieser Ziele in den genannten Anstalten angestrebt wird. Wir wenden uns zunächst zur Gewerbschule.

Nicht soll der künftige Techniker oder Gewerbtreibende in der Gewerbschule die praktische Ausübung des Gewerbes erlernen, er soll hier nur in denjenigen Wissenschaften Unterweisung finden, die dem letzteren als Basis dienen. So soll der für einen der verschiedenen chemischen Gewerbs- und Fabrikationszweige sich Vorbereitende vor Allem tüchtige Kenntnisse in der Chemie erlangen, sodann aber auch mit den allgemeinen Hülfswissenschaften, sowie mit denjenigen Zweigen des Wissens, die für jeden Techniker von Wichtigkeit sind, insoweit vertraut gemacht werden, daß er in seiner Gewerbsbranche dereinst als Fabrikant, oder Fabrikdirector, oder als Chemiker, Probirer oder Techniker anderweiten Ranges aufzutreten vermag.

Die Basis, auf welcher der Unterricht der Chemnitzer Höhern Gewerbschule fußt, ist derjenige allgemeine Bildungsgrad, welchen die Absolvirung der Untersecunda des Gymnasiums oder der Realschule erster Ordnung, oder die Absolvirung der Prima einer Realschule zweiter Ordnung gewährt. Die Aufnahme in die Höhere Gewerbschule wird daher Jedem zu Theil, welcher auf einer der letztgenannten Anstalten das Zeugniß der wissenschaftlichen Qualification für den einjährig-freiwilligen Militärdienst erlangt hat, oder in einer Aufnahmeprüfung den Nachweis liefert, daß er im Allgemeinen den bezeichneten Grad der Vorbildung erreicht hat. Somit findet der Gymnasiast oder

Realschüler ungefähr drei Jahre früher Zutritt zur Gewerbschule als zum Polytechnikum, und dieser Zeitraum bezeichnet zugleich den Vorsprung, welchen der Gewerbschüler dem Polytechniker beim Eintritt in die Praxis abgewinnt, da die Absolvirung der Gewerbschule 3 1/2 Jahre, also nahe dieselbe Zeit erfordert, welche die Chemiker ihren Studien auf dem Polytechnikum oder der Universität zu widmen pflegen.

In der Natur der Sache ist es begründet, daß die Gymnasien der Gewerbschule nur wenige und hauptsächlich solche Schüler zuführen, die der Beschäftigung mit den alten Sprachen wenig Geschmack abzugewinnen vermochten, und deshalb ihren Studien eine andere Richtung zu geben suchen. Da die Schüler der Realschule zweiter Ordnung mit der Absolvirung ihres Cursus die Reife für den Eintritt in die Höhere Gewerbschule erlangen und die Zahl jener Anstalten noch in Zunahme begriffen zu sein scheint, so dürften dieselben wohl berufen sein, mit der Zeit der Gewerbschule das Hauptcontingent an Schülern zu stellen. Um den in die Gewerbschule Eintretenden Gelegenheit zu geben, etwaige Lücken, welche ihnen in ihrem geographischen und historischen Wissen geblieben sind, auszufüllen und ihre Kenntnisse in den neuen Sprachen zu vervollkommnen, werden Geographie und Geschichte, sowie die französische und englische Sprache als facultative Lehrgegenstände vorgetragen. Außer in den genannten Fächern und einigen hauptsächlich für die Schüler des obersten Cursus der mechanischen Abtheilung berechneten Specialfächern (Werkzeugmaschinenbau, Brauereimechanik, Spinnerei rc.) ist aller Unterricht obligatorisch.

Die Höhere Gewerbschule gliedert sich in 3 Abtheilungen, die chemisch-technische, die mechanisch-technische und die Bau-Abtheilung, von welchen hier nur die erstere in näheren Betracht gezogen werden soll. Dieselbe sucht ihr Lehrziel in drei Cursen zu erreichen, von welchen der erste drei, jeder der beiden oberen dagegen nur zwei Halbjahre in Anspruch nimmt. Bezüglich des Lehrplanes, welcher in der Originalschrift in extenso mitgetheilt ist, mögen hier nur einige allgemeine Bemerkungen Platz finden.

Da der künftige Chemiker vor Allem die reine Chemie gründlich erlernen soll, so liegt auf der Hand, daß beim Unterrichte in derselben an der Gewerbschule im Wesentlichen die-

selben Principien festzuhalten sind, wie auf dem Polytechnikum und der Universität und wird zur Charakterisirung des Standpunktes der Schule hauptsächlich zu erörtern sein, in welchem Verhältniß der Schüler seine Zeit einerseits auf das Studium der Chemie, andererseits auf die Beschäftigung mit den übrigen Unterrichtsgegenständen zu verwenden hat.

Nachdem bereits oben darauf hingewiesen wurde, wie nothwendig es für den der Technik sich widmenden Chemiker ist, sich auch mit den mechanischen Hülfsmitteln der Technik vertraut zu machen, bedarf es wohl kaum der nochmaligen Motivirung, daß der Lehrplan der chemischen Abtheilung der Höhern Gewerbschule eine ziemlich umfängliche Behandlung der mathematisch-mechanischen Fächer, wie überhaupt der für den Techniker im Allgemeinen wichtigen Disciplinen vorschreibt. Infolge dessen sind während der ersten Semester des Schulbesuches nur verhältnißmäßig wenige Stunden dem Unterrichte in allgemeiner Chemie, dagegen eine größere Anzahl dem Unterrichte in den mathematischen Disciplinen, im Zeichnen ꝛc. gewidmet, und erst in den späteren Semestern hat der Schüler seine Zeit in ausgedehnterem Maaße auf seine chemischen Studien zu verwenden.

Bei der Leitung der praktischen Uebungen im Laboratorium, die im dritten Semester des Schulbesuches, also bereits im ersten Cursus, beginnen, hat der Lehrer als Hauptzweck die Befestigung und Erweiterung des chemischen Wissens der Schüler im Auge; daher sind die Arbeiten, mit welchen die Schüler beschäftigt werden, überwiegend analytischer Art, da der Schüler auf keine andere Weise so vielfach veranlaßt werden kann, sich der Eigenschaften der Elemente und ihrer Verbindungen zu erinnern, wie durch die Beschäftigung mit der qualitativen und quantitativen Analyse. Da überdies Ungenauigkeit der Beobachtung, sowie Mangel an Sorgfalt in Ausführung der Manipulationen sich nirgends so sicher und in einer dem Schüler so leicht nachweisbaren Weise rächt, wie bei den analytischen Arbeiten, so ist die Analyse ein vorzügliches Mittel, einerseits die Beobachtungsgabe des Schülers zu schärfen, andererseits ihn an sorgfältige Ausführung der Arbeit zu gewöhnen. Hütet sich der Lehrer, die Schüler abzurichten, nach einem bestimmten Schema zu analysiren, so giebt schon die qua-

litative Analyse, insbesondere, wenn auch organische Körper mit in den Bereich der Untersuchung gezogen werden, dem Schüler stete Anregung zum Denken und findet dieser hierbei die beste Anleitung, seine Arbeiten mit Umsicht auszuführen. Ueberhaupt lernt der Schüler durch die Beschäftigung mit analytischen Arbeiten den Weg betreten, auf dem man eine chemische Untersuchung zu führen, auf dem man chemische Fragen zu beantworten vermag. Daß der Schüler, welcher eine gewisse Fertigkeit im Analysiren erlangt, sich zugleich befähigt, die Stelle eines Analytikers in den Laboratorien technischer Etablissements zu bekleiden, erscheint hierbei als Nebensache; gleichwohl ist dieser Umstand manchem jungen Manne förderlich gewesen, der zunächst als Analytiker in einer größeren Fabrik Verwendung fand, sich dadurch aber den Weg erschloß, von Stufe zu Stufe bis zu dem Directorposten aufzusteigen. Selbstverständlich ist auch die Darstellung chemischer Präparate im Laboratorium der Gewerbschule nicht ausgeschlossen und bietet sich hierbei vielfache Gelegenheit, den Schülern, insbesondere den rascher vorwärts schreitenden, auch zur Ausführung anderweiter Untersuchungen Anleitung zu geben. Hiernach wird während der ersten Semester, die der Schüler im Laboratorium zubringt, die Wahl der ihm zu übertragenden Arbeiten ohne Berücksichtigung des speciellen Zweiges der Chemie zu treffen sein, in welchem er dereinst als Techniker thätig zu sein beabsichtigt; hingegen wird in den späteren Semestern dem künftigen Berufe des Schülers Rechnung zu tragen sein; denn während man beispielsweise den künftigen Coloristen specieller mit dem Verhalten der Farbstoffe ꝛc. vertraut zu machen hat, wird der künftige Hüttenmann hauptsächlich im Bereiche der metallurgischen Chemie zu beschäftigen sein u. s. w.

In dem Unterrichte über technische Chemie wird das ganze Gebiet der Chemie, und zwar sowohl das der anorganischen (im zweiten Curs), wie das der organischen (im dritten Curs) nochmals durchgegangen und dabei darauf hingewirkt, das Wissen der Schüler zu befestigen und zu erweitern. Dabei wird das für die Anwendung in den Gewerben Wichtige vorzugsweise berücksichtigt und werden die Heiz- und Beleuchtungsstoffe, die wichtigeren Fabrikationen der chemischen Großindustrie, als Schwefelsäure-, Sodafabrikation ꝛc., ferner die Glas- und

Porcellanfabrikation, die landwirthschaftlichen Gewerbe, als Zuckerfabrikation, Brauerei ꝛc. sowie Färberei, Druckerei u. s. w. in besonderen Abschnitten behandelt. Ueberdies ist den Schülern Gelegenheit geboten, in einzelnen Specialfächern, wie Papierfabrikation, Brauereimechanik, Appreturmechanik, ferner in den verschiedenen Zweigen der Textilindustrie ꝛc. die als facultative Unterrichtsgegenstände vorgetragen werden, sich eingehendere Kenntnisse anzueignen.

Der Unterricht in der Mechanik und der Maschinenkunde wird in der chemischen Abtheilung der Höhern Gewerbschule zu Chemnitz mit besonderer Berücksichtigung der für die chemische Technik wichtigen Kapitel und unter ausschließlicher Anwendung der Elementarmathematik ertheilt, daher denn auch in dem vorausgehenden, mathematischen Unterricht die höhere Mathematik unberücksichtigt bleibt. Da man von dem der Technik sich zuwendenden Chemiker doch nur verlangt, daß er mit den verschiedenen Motoren, Arbeitsmaschinen ꝛc. umzugehen lernt, und daß er sich befähigt, die für einen gegebenen Zweck geeignetste Maschine auszuwählen, da man aber nicht beansprucht, ja nicht einmal für rathsam finden kann, daß er sich damit befasse, Maschinen oder Maschinentheile zu entwerfen: so wird das Maaß der hier angestrebten Kenntnisse selbst für diejenigen als ausreichend zu erachten sein, welche Aussicht haben, sich dereinst mit der Leitung einer chemischen Fabrik betraut zu sehen.

Die Lehrziele anderer Gewerbschulen sind mit denen der Chemnitzer Anstalt durchaus nicht identisch. Die preußischen „reorganisirten" Gewerbschulen und ebenso die österreichischen höheren Gewerbschulen nehmen den Anschluß an eine tiefere Klasse der Realschule und beanspruchen überdies für die Absolvirung ihres Curses eine kürzere Zeit. Sonach müssen ihre Lehrziele wesentlich niedrigere sein, als die der Chemnitzer Anstalt, was sich auch bei der Durchsicht der Lehrpläne sofort offenbart. Da die Anforderungen, welche an die Techniker gestellt werden, innerhalb sehr weiter Grenzen variiren, so können auch noch ziemlich verschiedene Standpunkte der Gewerbschule gerechtfertigt erscheinen, um so mehr, da je nach den lokalen, industriellen Verhältnissen hier nach dieser, dort nach jener Richtung hin gewissen Anforderungen Genüge zu leisten ist.

Schließlich sei noch bemerkt, daß den Schülern der Höhern Gewerbschule in Chemnitz die Berechtigung ertheilt worden ist, nach Absolvirung der Gewerbschule in das Polytechnikum einzutreten. Zwar verfolgt die erstere Anstalt nicht den Zweck, Schüler für den Besuch des Polytechnikums vorzubereiten, ihr Ziel ist vielmehr darauf gerichtet, ihre Schüler direct der Praxis zuzuführen; doch ist diesen der Weg nicht abgeschnitten, auf dem Polytechnikum eine weitere Ausbildung zu suchen.

Wenden wir jetzt noch der Werkmeisterschule unsere Betrachtung zu. Dieselbe setzt nur die in der Volksschule zu erlangenden, allgemeinen Vorkenntnisse voraus und bietet in ihrer chemischen Abtheilung, auf die wir unsere Besprechung beschränken, angehenden Färbern, Brauern, Seifensiedern, Gerbern 2c. sowie solchen jungen Leuten, welche später als Werkführer oder Aufseher in Zeugdruckereien, Papierfabriken und anderen ähnlichen Etablissements fungiren wollen, Gelegenheit dar, in drei Cursen von je halbjähriger Unterrichtsdauer eine ihren Bedürfnissen entsprechende, theoretische Ausbildung zu erwerben.

Selbstverständlich kann hierbei eine umfassendere, wissenschaftliche Ausbildung nicht angestrebt werden und um die Schüler in der so kurz bemessenen, auf anderthalb Jahr beschränkten Frist nur mit den nothwendigsten Kenntnissen ausrüsten zu können, deren sie bei Ausübnng ihres praktischen Berufes bedürfen, ist es mindestens erforderlich, daß dieselben eine praktische Thätigkeit in dem von ihnen gewählten Gewerbszweige bereits hinter sich haben. Der auf den Besuch der Werkmeisterschule Reflectirende hat sich daher nicht nur einer Aufnahmeprüfung zu unterwerfen, sondern hat auch eine mindestens zweijährige praktische Thätigkeit nachzuweisen.

Ist es an sich schon wünschenswerth, daß diejenigen künftigen Techniker und Gewerbtreibenden, deren Thätigkeit weniger eine leitende, als eine praktisch ausführende sein wird, bereits im zeitigen Jünglingsalter die nur in der Praxis zu erzielenden Fertigkeiten im praktischen Arbeiten sich anzueignen suchen, so erscheint das Festhalten der Werkmeisterschule an der zuletzt erwähnten Aufnahmebedingung um so mehr geboten, da ihre Schüler bei der geringeren, allgemeinen Vorbildung an ein abstrahirendes Denken weniger gewöhnt sind, daher den

theoretischen Deductionen des Vortrags minder leicht folgen und ihnen somit durch die in der vorhergegangenen Praxis gewonnene Anschauung ersetzt werden muß, was ihnen infolge der weniger entwickelten Auffassungsgabe abgeht. Denn ohne Zweifel werden dem Lehrer theoretische Entwickelungen wesentlich erleichtert, wenn er voraussetzen darf, daß die zu erklärenden Thatsachen und die Objecte, deren Verwendung erläutert werden soll, dem Schüler wenigstens in ihrer äußeren Erscheinung bereits bekannt sind. Ueberdies trägt der Umstand, daß den Werkmeisterschülern während ihrer früheren praktischen Thätigkeit die Lücken ihres Wissens meist fühlbar geworden sind, wesentlich zur Erhöhung ihres Eifers bei. In der That bringt Mancher dem Schulbesuche seine mühselig erübrigten, ersten Ersparnisse zum Opfer, und können infolge dessen, wie überhaupt in Rücksicht auf das meist gereiftere Alter der Schüler, die Ansprüche an deren Fleiß verhältnißmäßig hoch gegriffen werden.

Der in der Originalschrift detaillirt mitgetheilte Lehrplan der chemischen Abtheilung der Werkmeisterschule weist nach, daß im ersten Halbjahrcurs wöchentlich 12 Unterrichtsstunden der reinen Chemie, 10 der Mathematik und 10 den übrigen Unterrichtsfächern (Physik, deutsche Sprache und Freihandzeichnen) gewidmet sind. Im zweiten Curs nehmen die Vorträge über technische Chemie 6, die praktisch-chemischen Arbeiten mindestens 12, die übrigen Disciplinen 12 Stunden wöchentlich in Anspruch. Im dritten Curs finden die Vorträge über technische Chemie in 6 wöchentlichen Stunden ihre Fortsetzung, die Zahl der den praktisch-chemischen Arbeiten zu widmenden Stunden erhöht sich auf mindestens 20; wogegen sich der Unterricht in den anderen Fächern (inclusive mechanische Technologie und gewerbliche Buchführung) auf 10 wöchentliche Stunden beschränkt.

Selbstverständlich kann auch hier in den Vorträgen über reine Chemie, sowie beim Beginne der praktisch-chemischen Arbeiten dem speciellen Berufe des einzelnen Schülers nicht Rechnung getragen werden. Die praktischen Uebungen beginnen mit der qualitativen Analyse, an welche sich einige quantitative Bestimmungen, dann aber Arbeiten anschließen, die demjenigen Zweige der Chemie entnommen sind, welcher dem einzelnen Schüler je nach der von ihm gewählten Gewerbsbranche von

besonderem Interesse ist. Das Laboratorium ist wie den Gewerbschülern so auch den Werkmeisterschülern zu jeder Zeit zugänglich und findet hier jeder einzelne unausgesetzt Gelegenheit, in den für ihn besonders wichtigen Abschnitten der Chemie Unterweisungen zu erlangen, welche den der gesammten Klasse gebotenen Vorträgen zur Ergänzung dienen. In dem Unterrichte über technische Chemie werden im Wesentlichen dieselben Gegenstände nur minder eingehend behandelt, wie in dem gleichen Unterrichte an der Gewerbschule; doch kann auch hier der Beruf der Einzelnen wenigstens insofern Berücksichtigung finden, als Zweige der Technik, die unter den Schülern ihre Vertreter nicht finden, nur in kürzester Weise in Betracht gezogen werden.

An dem bei Besprechung der Gewerbschule erwähnten, facultativen Unterricht in verschiedenen Specialfächern können sich auch die Werkmeisterschüler betheiligen.

Wie erwähnt, hat sich die chemische Abtheilung der Werkmeisterschule der gleichen Frequenz, wie die entsprechende Abtheilung der Höhern Gewerbschule bis jetzt noch nicht zu erfreuen gehabt. Dies mag hauptsächlich darin seinen Grund haben, daß diejenigen Gewerbtreibenden, deren Zwecken die chemische Abtheilung der Werkmeisterschule hauptsächlich dient, überhaupt noch weniger Neigung zeigen, ihre Vorbildung für ihren künftigen Beruf auf einer Schule zu suchen und daß sie bei der Neuheit des Instituts noch gar nicht Kenntniß haben von den Hülfsmitteln, die ihnen hier zur Erlangung der für sie so wichtigen theoretischen Ausbildung geboten sind. Die Opfer an Zeit und Geld, welche der Besuch dieser Schule erfordert, erscheinen verhältnißmäßig so gering, die Vortheile, welche zu erreichen sind, dagegen so bedeutend, daß man sich nur wundern muß, den Schulbesuch nicht in rascherem Wachsen begriffen zu sehen.

Erwägt man, daß die Werkmeisterschüler meist zwar nur einem ganz speciellen Abschnitte der Chemie ihr besonderes Interesse zuwenden, daß sie in denselben aber erst eingeführt werden können, nachdem sie einem vollständigen Cursus von Vorträgen über allgemeine Chemie beigewohnt haben, und daß dieser Cursus ein volles Semester in Anspruch nimmt, daß die Aneignung der ersten Fertigkeiten im praktisch-chemischen Ar-

beiten sogar einen Theil des zweiten Semesters absorbirt, und zieht man ferner in Betracht, daß der Schüler in denjenigen Zweigen der Chemie, die für ihn von überwiegender Wichtigkeit sind, möglichst eingehend unterrichtet werden möchte, daß diese Zweige aber zum Theil ziemlich umfangreiche und gerade die schwieriger zu erlernenden Kapitel der Chemie umfassen, wie z. B. das für den Färber besonders wichtige Kapitel über die Farbstoffe: so liegt auf der Hand, daß der für den Besuch der Werkmeisterschule in Aussicht genommene Zeitraum von anderthalb Jahren auf das knappeste bemessen ist. Der von Schülern vielfach gehegte Wunsch, sich der Praxis auf möglichst kurze Zeit entzogen zu sehen, drängt im Allgemeinen darauf hin, die Dauer des Schulbesuches thunlichst zu beschränken; doch ist es wiederholt vorgekommen, daß Schüler ihre Studienzeit um ein ferneres Semester zu verlängern wünschten. Solchen Wünschen ist Rechnung getragen worden, und wurde in solchem Falle das vierte Semester vorzugsweise dem praktisch-chemischen Arbeiten im Laboratorium gewidmet.

Wohl wird der Lehrplan der chemischen Abtheilung der Werkmeisterschule das specielle Bedürfniß einzelner Kategorien von Technikern in noch weiterem Maaße berücksichtigen können, wenn sich herausstellt, daß eine überwiegende Anzahl von Schülern ihre Ausbildung für einen bestimmten Zweig der chemischen Technik in der Anstalt sucht und wird die Werkmeisterschule darauf bedacht sein, in dem Maaße, als eine gesteigerte Frequenz ihrer chemischen Abtheilung die Aufwendung fernerer Mittel gerechtfertigt erscheinen läßt, den speciellen Richtungen der Schüler mehr und mehr Rechnung zu tragen.

Vergleichen wir im Rückblick auf die vorstehenden Erörterungen die Dauer der Studienzeit, welche die drei Kategorien der technischen Staatslehranstalten Sachsens in Anspruch nehmen, so ergiebt sich, daß der vierzehnjährige Knabe, wenn er die Werkmeisterschule besuchen will, nur 1½ Jahr, wenn er sich der Höhern Gewerbschule zuwendet, 4½ bis 5½ Jahre, endlich, wenn er seine Ausbildung auf dem Polytechnikum sucht, 8 bis 9 Jahre seinen theoretischen Studien zu widmen hat. Ist sonach der Gewerbschüler 3 bis 4 Jahre länger an die Schule gebunden, als der Werkmeisterschüler, so kann er seine praktische Laufbahn doch noch um 3 bis 4 Jahre früher be-

ginnen, als der Polytechniker. Auch insofern nimmt daher die Höhere Gewerbschule die richtige Mittelstellung ein zwischen Werkmeisterschule und Polytechnikum und werden somit die technischen Lehranstalten Sachsens ihn ihrer Gesammtheit der Aufgabe gerecht, in gleichem Maaße auf die Vorbereitung der den verschiedensten Lebensstellungen zustrebenden Techniker bedacht zu sein und der Industrie für alle Arten der Verwendung geschulte Kräfte zuzuführen.

Bezüglich der Beschreibung der für die technischen Staatslehranstalten zu Chemnitz neu errichteten Laboratorien und der ihnen zur Verfügung stehenden Hülfsmittel möge auf die Originalschrift verwiesen sein.

Die Elemente und einige Verbindungen derselben.

Atmosphärische Luft.

Die Veränderlichkeit der Zusammensetzung der atmosphärischen Luft ist neuerdings durch Versuche von Jolly [1]) näher constatirt worden. Wenn auch schon Regnault die Vermuthung aufstellte, daß die übliche Annahme von der Gleichmäßigkeit der Zusammensetzung der atmosphärischen Luft nicht haltbar sei, so konnte er doch weder die etwaigen Abweichungen nachweisen, noch hinderte ihn dies, das Gewicht eines Liter Luft als eine Normal-Constante anzusetzen, deren Werth nach seiner Feststellung ja auch jetzt bei allen Berechnungen verwendet wird. Jolly zeigt nun erstens, daß bei Berücksichtigung aller Correctionen die specifischen Gewichte für Sauerstoff und Stickstoff größer sind, wie Regnault fand, und zweitens, daß die Wägung der Luft eine Veränderung in der Zusammensetzung der Luft an verschiedenen Tagen deutlich hervortreten läßt. Die Größe dieser Veränderungen bestimmte der Verfasser durch ein verbessertes eudiometrisches Verfahren, von dessen Genauigkeit eine mitgetheilte Versuchsreihe Auskunft giebt, wonach die größte Abweichung zwischen verschie-

1) Jolly, die Veränderlichkeit in der Zusammensetzung der atmosphärischen Luft. München 1878. — Literar. Centralblatt: 1879. S. 479.

denen Bestimmungen einer und derselben Luftmasse nur 0,01 Procent erreicht. Dagegen weist die Untersuchung der Luft an verschiedenen Tagen (es werden 21 Resultate mitgetheilt) Schwankungen des Sauerstoffgehaltes bis zu nahe 0,5 Proc. auf; so war am 27. Oktober 1877 der Sauerstoffgehalt der Luft bei Nord-Wind 21,01 Proc. am 13. Juni bei West-Wind 20,53 Proc. Der größte Sauerstoffgehalt ergab sich stets in der Luft des Polarstromes, der kleinste in der des Aequatorialstromes. Es ist hiermit dem Probleme von der Zusammensetzung der Luft eine andere Wendung gegeben, von der Constanz derselben kann nicht mehr die Rede sein, aber es fragt sich, ob im Verlaufe der Jahre der mittlere Werth ein constanter ist, oder ob der mittlere Sauerstoffgehalt der Luft sich in dem einen oder anderen Sinne dauernd ändert.

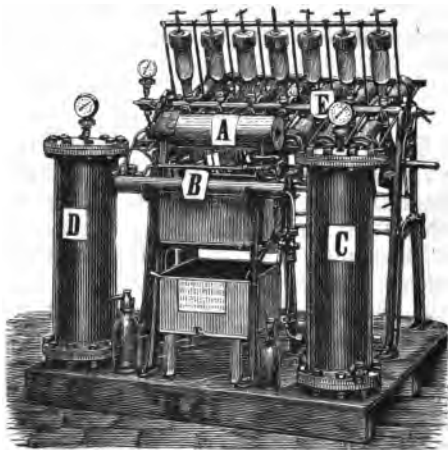
Mineralwasser.

Der Mineralwasserapparat von Beins,[1]) Hoen und Corver (gewöhnlich der Beins'sche Apparat genannt) in Groningen (Holland) fängt an, sich immer mehr auszubreiten und verdient in der That neben dem Struve'schen Apparat alle Beachtung. Der neue Mineralwasserapparat hat vor dem älteren Apparate den Vorzug, daß das absorbirende Gas nur in den zur Aufnahme des Mineralwassers dienenden Flaschen mit dem Wasser in Berührung kommt, der Apparat in Folge dessen sehr wenig umfangreich ist und absolut metallfreies Wasser liefert. Die Kohlensäure wird durch Erhitzen von Natriumbicarbonat entwickelt. Die Retorte A (Fig. 32) ist mit Natriumbicarbonat gefüllt und wird in der Art erhitzt, daß man in die centrale Oeffnung derselben einen glühenden Eisenstab einsteckt. In Folge der Erhitzung beginnt alsbald das in der Retorte enthaltene Bicarbonat Kohlensäure zu entwickeln, welche unter Spannung (die sich durch fortgesetztes Erhitzen beliebig steigern läßt) durch die Kühlröhre B nach dem Behälter C geleitet und dort aufbewahrt wird, um später je nach Bedarf nach dem Behälter D und von dort nach der hohlen Welle E geleitet zu werden. Auf letztere sind die mit dem zu imprägnirenden Wasser gefüllten Flaschen strahlenförmig aufgesetzt. Wird

1) Wagner's Jahresbericht 1879 S. 413.

die Welle E mit den aufgesetzten Flaschen eine Zeitlang regelmäßig gedreht, so wird die Kohlensäure von dem Wasser in den Flaschen leicht absorbirt und das kohlensaure Wasser ist bald fertig. Die Vortheile welche der neue Apparat vor den bisherigen dem gleichen Zwecke dienenden voraus hat, resumiren sich in folgenden Punkten: 1) der neue Apparat bedarf weder Gasometer noch Kraftmaschine, Compressionspumpe oder Waschapparat, auch fällt der bisherige Kohlensäureentwickler mit Säure und kohlensauren Salzen gänzlich weg. 2) Es findet fast gar

Fig. 32.



kein Verlust an Kohlensäure statt. 3) Die Herstellung geht sehr schnell vor sich und ist sehr billig. 4) Man erhält chemisch reine Kohlensäure und metallfreies Wasser. 5) Man kann ohne Sicherheitsventil und ohne Wasserstandglas arbeiten. 6) Ein Abfüllapparat für das kohlensaure Wasser ist überflüssig. 7) Es ist möglich mit einem und demselben Apparate verschiedene Sorten Mineralwasser zu gleicher Zeit zu bereiten. 8) Der Apparat erfordert wenig Raum und geringen Unterhalt, er ist billig herzustellen. 9) Explosionsgefahr ist nicht vorhanden. 10) Die Flaschen werden schonender behandelt.

Brom.

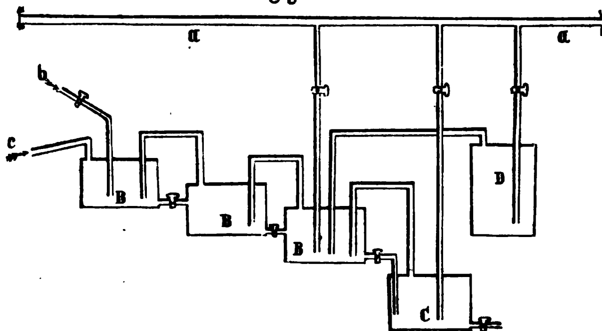
Einen continuirlich arbeitenden Apparat zur Bromgewinnung hat sich A. Frank[1]) patentiren lassen. Das bisher übliche, in diesem Jahrbuch Bd. XI, S. 301 beschriebene Verfahren war ein intermittirendes, da nach jeder Operation die Gefäße entleert und die mit den zur Chlorentwicklung dienenden Substanzen, Mangansalzen 2c., verunreinigten, noch immer Brom und Chlor enthaltenden Destillationsrückstände abgelassen wurden. Anstatt der bisher üblichen, mit bromhaltiger Lauge und den Chlor entwickelnden Substanzen beschickten einzelnen Destillationsblasen, wendet der Patentinhaber eine Reihe terrassenförmig oder senkrecht übereinander stehender Destillationsgefäße an, welche durch Röhren und Hähne verbunden sind. In das oberste dieser Gefäße tritt die zur Bromgewinnung dienende Flüssigkeit: bromhaltige Lauge, in das unterste dagegen ein Strom von Chlorgas und Wasserdampf, welche in getrennten Generatoren entwickelt, entweder durch Einführen des Wasserdampfes in den Chlorgenerator oder auf andere Weise gemischt und in der bromhaltigen Lauge vertheilt werden. (Daß die erforderliche Erwärmung der Destillationsapparate auch von außen erfolgen kann, ist selbstverständlich). Die in das niedrigstehende Entbindungsgefäß direct einströmenden Dämpfe von Chlor und Wasserdampf machen nun das Brom aus seinen Verbindungen frei und treiben dasselbe theils als reines Brom, theils als Chlorbrom und gemischt mit etwa noch freiem Chlor in das nächst höherstehende, mit frischerer Lauge angefüllte Destillations-Entbindungsgefäß und so durch die ganze Colonne fort.

Dabei dienen sowohl das freie Chlor als das Chlor im Chlorbrom, soweit sie vorhanden, zur Zerlegung der in den passirten Flüssigkeiten enthaltenen Bromverbindungen, und schließlich entweichen nach Passirung der sämmtlichen Gefäße der Destillationscolonne fast reine Bromdämpfe und Wasserdampf nach der Condensationsvorrichtung. Die Anzahl der in Colonne aufzustellenden Destillations- beziehentlich Entbindungsgefäße hängt von der Größe derselben beziehentlich von Menge und Bromgehalt der zu verarbeitenden Lauge ab. Sobald das niedrigstehende

1) D. R. P. Nr. 2251 u. Wagner's Jahresbericht 1878 S. 407.

Bromentbindungsgefäß genügend abgetrieben ist, geht sein Inhalt in ein durch Röhren und Hähne damit verbundenes, tiefer stehendes Kochgefäß (Dechlorirungsgefäß), in welches nur Wasserdämpfe einströmen. Diese treiben das in der debromirten Lauge noch gelöste freie Brom und Chlor durch ein Rohr in das unterste Bromentbindungsgefäß, welches nach seiner Entleerung in das Dechlorirungs- beziehentlich Kochgefäß aus dem nächsthöheren Gefäß sofort wieder gefüllt wurde. Das im Kochgefäß ausgetriebene Chlor und Brom kommen so zur vollen Wirkung und Gewinnung, und die das Koch-Dechlorirungsgefäß nach beendigter Auskochung verlassende Mutterlauge ist fast chlorfrei, sowie selbstredend frei von anderen Verunreinigungen,

Fig. 33.



Mangansalzen ꝛc. und zu weiterer technischer Verarbeitung und Verwerthung ebenso geeignet, wie sie frei ist von den belästigenden Eigenschaften der Bromgewinnungsrückstände des bisher üblichen Processes. Die Füllung und Entleerung der einzelnen übereinander stehenden Bromentbindungs- sowie des Dechlorirungsgefäßes können bei passender Regulirung des zuströmenden Chlors und Wasserdampfes auch continuirlich, sonst aber derart intermittirend erfolgen, daß stets der Inhalt eines Gefäßes in das zunächst darunter stehende eingelassen wird. Die Entbindung und Destillation des Broms läßt sich in beiden Fällen continuirlich führen.

In der durch Fig. 33 verdeutlichten Zeichnung für einen zu

dem Verfahren dienenden Apparat sind BBB Bromentbindungsgefäße, C das Dechlorirungs- beziehentlich Kochgefäß, doch können, wie schon angeführt, Aufstellung und Arrangement des Apparates nach lokalen Verhältnissen vielfach variirt werden, D ist der Chlorentwickler, a a das Dampfrohr, b der Zufluß für die bromhaltige Lauge, c das zur Kühlschlange führende Rohr. Das patentirte Verfahren gestattet: 1) Einen continuirlichen Betrieb der Bromgewinnung, 2) nahezu vollständige Gewinnung des im Material enthaltenen Broms, 3) nahezu vollkommene Ausnutzung des zur Bromentbindung verwendeten freien Chlors beziehentlich der zur Chlorentwicklung benutzten Materialien, und 4) Gewinnung einer für weitere technische Verarbeitung auf Chlormagnesium ꝛc. direct brauchbaren und die Umgebung nicht belästigenden Endlauge.

Jod.

Die Jodproduction in der Provinz Jarapacá[1]) (Peru), wo die beim Raffiniren des peruanischen Natronsalpeters bleibenden Mutterlaugen auf Jod verarbeitet werden, hat in den letzten Jahren einen mächtigen Aufschwung genommen, und zwar in Folge der quotirten höhern Preise, welche durch eine zwischen schottischen, französischen und peruanischen Producenten abgeschlossene Coalition veranlaßt wurden. Während früher nur 4 Etablissements ihre Mutterlaugen von der Versiedung des salpeterhaltigen Rohmaterials auf Jod verarbeiteten, geschieht dies gegenwärtig in 8 Siedereien mit einer Production von etwa 2800 Ctr. Jod im Jahre und es sind noch 3 neue Jodfabriken in Anlage begriffen, so daß die Production für 1879 muthmaßlich 3500 bis 3800 Ctr. betragen wird. Außerdem sieht die im Bau begriffene Jodfabrik der Salpetersiederei im bolivianischen Hafen Antofagasta ihrer baldigen Vollendung entgegen, welche, nach dem Jodgehalte ihres täglich verarbeiteten Rohmaterials berechnet, mit einer jährlichen Production von 2000 Ctr. in den Markt eintreten wird.

Die Verfahren zur Abscheidung des Jodes aus seinen Ver-

1) Aus einem Schreiben des Fabrikdirectors Dr. G. Langbein (Oficina San Juan, Peru) an Rudolf v. Wagner in Würzburg. vergl. Dingl. pol. Journal Bd. 231 S. 375.

bindungen in den Mutterlaugen lassen sich, einige unwesentliche technische Verschiedenheiten abgerechnet, in folgende 3 Klassen bringen: 1) Die Mutterlaugen von der Krystallisation des Salpeters werden ohne vorhergehende Concentration mit einer dem Jodgehalte entsprechenden Menge Lösung von Natriumsulfit versetzt, das aus dem Natriumjodat dadurch abgeschiedene Jod durch leinene Beutel filtrirt, gewaschen, gepreßt und sublimirt. 2) Die Mutterlaugen werden mit Natriumsulfit oder Bisulfit bis zur Ueberführung des gefällten Jodes in Jodwasserstoffsäure versetzt und diese durch eine Auflösung von Kupfersulfat und Natronsulfit als Kupferjodür niedergeschlagen. 3) Der Jodgehalt wird in den Mutterlaugen durch fractionirte Verdampfung und Krystallisation derselben angereichert und das Jod aus den Laugen mit der dem Jodgehalte äquivalenten Menge Natriumbisulfit oder Natriumthiosulfat in angesäuerter Lösung abdestillirt. Die Verwendung von salpetriger Säure zur Ausfällung des Jods (vergl. dies Jahrbuch 1875 S. 305) scheint sonach nicht mehr üblich zu sein.

Die Fabrikation von Jod aus Kelp respect. Varech hat unter der Concurrenz der südamerikanischen Jodproduction erheblich zu leiden. Erinnert man sich der Bedrängniß, in welche die französischen und schottischen Jodfabriken infolge der Entwicklung der Staßfurter Kalisalzindustrie versetzt wurden, da diese die bei der Jodfabrikation als Nebenproducte fallenden, sonst so vielfach begehrten Kalisalze entwehrtete; erwägt man, daß der Preis des Jodes seit dem Jahre 1863 bei fast constantem Preise der Rohmaterialien zwischen 5 und 34 Mark pro Pfund (engl.) geschwankt hat, so begreift man die Ungunst der Verhältnisse, unter denen die Jodfabriken arbeiteten, und man kann sich nicht wundern, daß viele derselben ihren Betrieb einstellten. Ein Fortbestehen der einst in Frankreich und England so blühenden Jodindustrie wird daher nur dann zu hoffen sein, wenn es gelingt, bei der Fabrikation neue Vortheile zu erzielen. An Bemühungen, dergleichen anzustreben, fehlt es hier wie dort nicht. Dies geht einerseits aus den Mittheilungen von Stanford [1]) hervor, welcher die

1) Dingl. pol. Journ. 1877 Bd. 226 S. 85 nach Chemical News 1877 S. 172.

schottischen Verhältnisse bespricht, andererseits aus der von dem französischen Jodfabrikanten J. Pellieux verfaßten Schrift „L'industrie francaise de l'iode à l'exposition de 1878“ über welche C. Deite [1]) ein Referat geliefert hat. Den angeführten Quellen entnehmen wir folgende interessante Mittheilungen über den heutigen Stand der Fabrikation von Jod aus Kelp respect. Varech.

Die Algen aus welchen Kelp gemacht wird, rangiren bezüglich ihres Jodgehaltes nach Stanford wie folgt: Laminaria digitata, Laminaria saccharina, Fucus serratus, Fucus nodosus, Fucus vesiculosus. Der Jodgehalt der getrockneten Algen wird als zwischen 0,03 und 0,45 Procent schwankend angegeben. Nach Godechens soll derselbe in der Laminaria digitata sogar die Höhe von 0,6 Proc. erreichen. Verschiedene Umstände influiren nach Pellieux auf die Höhe des Jodgehaltes einer und derselben Species. Je tiefer im Meer sie wächst, je langsamer sie wächst, in je nördlicherer Gegend sie wächst, um so reicher ist sie an Jod. Auch ändert sich der Jodgehalt mit der Jahreszeit; das Maximum erreicht er im Winter, das Minimum fällt auf die Monate Juni, Juli, August. Die durch die Jahreszeit bedingte Differenz kann bis zu 40 Procent betragen.

Digitata und Saccharina wachsen in einer Tiefe von wenigstens 5—11 M. unter dem niedrigsten Wasserstand zur Zeit der Ebbe und können nur zur Zeit der Ebbe mit eigens dazu ausgerüsteten Fahrzeugen gesammelt werden. Mit Hilfe von 5 bis 6 M. langen Stangen, die unten mit Sicheln oder Haken versehen sind, werden die Algen losgerissen und steigen dann an die Oberfläche. Die Ostküste von Finistère hält eine Flotille von 1000 bis 1200 Fahrzeugen die zum Sammeln der Algen bestimmt sind; dagegen lassen die Heftigkeit der Stürme, die Erhebung der Dünen über das Niveau des Meeres und die Unmöglichkeit zu landen, diese Art des Sammelns am größten Theile der Westküste nicht zu. Uebrigens hindert der Umstand, daß gerade zur Zeit der großen Ebben das Meer sehr unruhig ist, oft genug das Sammeln der tief wachsenden Algen. Anstatt in so beschwerlicher Weise die Algen zu sammeln, nehmen die

1) Dingl. pol. Journ. 1878 Bd. 230 S. 53.

gewöhnlichen Varech-Brenner ihre Zuflucht zu den Schnitt- und Treibalgen, die mit leichter Mühe, und in reichlicher Menge zu beschaffen sind. Mit dem Namen Schnittalgen (goëmons de coupe) bezeichnet man die in sehr seichtem Wasser wachsenden Fucus nodosus, serratus, vesiculosus, siliquosus und loreus. Treibalgen (goëmons épaves) dagegen heißen alle diejenigen, welche an das Land getrieben werden, sei es, daß sie in Folge erlangter Reife sich losgelöst haben, sei es, daß sie durch Stürme losgerissen sind.

Die Treibalgen kommen erst an die Küste, nachdem sie mehrere Tage im Meere umhergetrieben sind. Dieser kurze Aufenthalt im Meere kann ihre Beschaffenheit sehr bedeutend ändern, ohne daß die äußere Erscheinung diese Veränderung andeutet. Aus zahlreichen Versuchen, welche Pellieux angestellt hat, geht hervor, daß Algen nach einem Aufenthalt im Meere

von	2 Tagen	nur	59	Proc. des ursprüngl. Jodgehaltes
	3	. . . . . .	39	„
	4	. . . . . .	28	„
	5	. . . . . .	27	„
	6	. . . . . .	26	„
	7	. . . . . .	25	„
	8	. . . . . .	19	„
	9	. . . . . .	8	„
	10	. . . . . .	7	„

zeigen. Ein weiterer Uebelstand bei den Treibalgen ist, daß verschiedene Arten unter einander gemischt angetrieben werden und daß in diesen Gemengen jodarme Algen vorwalten.

Im Allgemeinen werden die Tange in Frankreich in der primitivsten Weise verarbeitet, nur die Fabriken von Mazé-Launay und Pellieux machen eine Ausnahme von der Regel. Noch heute, wie vor 50 Jahren werden die Tange von den Küstenbewohnern in offenen Gruben eingeäschert. Ueber die mannichfachen Nachtheile, welche dieses Verfahren im Gefolge hat, ist oftmals geschrieben worden, sie sind kurz folgende: die Tange können in den Gruben nur trocken verbrannt werden, auch kann dies nur bei gutem Wetter geschehen. Die ganze Fabrikation ist deshalb auf die heißen Monate Juli, August, September und Anfang October beschränkt. Der Varech-Brenner hat übrigens noch ein besonderes Interesse, mit dem Brennen

nicht vor dem Juli zu beginnen. Seit einiger Zeit sind diese Tange ein sehr gesuchtes Düngmittel, und so findet am 24. Juni an der Ostküste von Finistère ein großer Markt für dieselben statt, zu welchem die Landwirthe aus dem Innern erscheinen. Nur was diese übrig lassen, wird eingeäschert.

Ein großer Uebelstand ist, daß der Varech-Brenner keine Rücksicht auf die Beschaffenheit des Materials nimmt, er verwendet das, was am bequemsten zu beschaffen ist, d. h. die verhältnißmäßig an Jod armen Schnittalgen und Treibalgen des Sommers, während er die weit besseren Treibalgen des Winters verloren geben muß, da er sie nicht zu trocknen vermag. Eine große Quelle des Jodverlustes ist das Trocknen der Algen. Der Varech-Brenner ist genöthigt, den Tang im Freien auszubreiten, ohne ihn den Einflüssen der Witterung entziehen zu können. Die Algen sind gegen letztere außerordentlich empfindlich und werden durch sie noch mehr verschlechtert, als durch das Salzwasser des Meeres. Der Seetang kommt nur nach Sturm und den Regen bringenden Westwinden reichlich an die Küste, und dem reichlichen Antrieb folgt gewöhnlich in 2 bis 3 Tagen Regen. Der zu kleinen Haufen aufgeschichtete frische Seetang geht nach wenigen Tagen in Gährung über und verliert dabei die Hälfte seines Gewichtes und seiner Salze. Während man nur 1 T. frischen und grün verbrannten Tang für 1 Kilo. Jod nöthig hat, gebraucht man von demselben Tang, wenn er getrocknet ist, durchschnittlich 2,3 T. dieses getrockneten Tanges für 1 Kilo. Jod.

Mit dem Ausbreiten der Algen auf dem sandigen Ufer ist noch der große Uebelstand verbunden, daß dieselben durch Sand sehr verunreinigt werden. Nach Pellieux kommen auf diese Weise 15 bis 25 Proc. Sand und andere Unreinigkeiten in den Varech; letzterer wird aber von den Brennern an die Fabriken nicht nach Gehalt, sondern lediglich nach dem Gewicht verkauft. Die Folge davon ist, daß die Brenner außer den Unreinigkeiten, die von selbst hinein kommen, noch große Mengen Sand hinzu thun, um das Gewicht zu vermehren und zwar um so mehr, je stärker die Nachfrage nach Varech ist. Die Einzigen in Frankreich, die sich von den Varech-Brennern unabhängig gemacht haben, sind wie schon erwähnt, Pellieux und Mazé-Launay. Dieselben verschmähen auch die gewöhnlichen Schnitt- und Treibalgen des Sommers und verarbeiten in 8

Fabriken, die sie auf mehreren kleinen Inseln und an mehreren Punkten der Küste von Finistère errichtet haben, hauptsächlich Algen, welche mit eigens dazu ausgerüsteten Fahrzeugen gesammelt sind, und nur so weit diese nicht hinreichend sind, werden auch Treibalgen des Winters verwendet, diese aber nur nach vorausgegangener Untersuchung. Die Einäscherung der Algen erfolgt das ganze Jahr hindurch, ohne daß dieselben zuvor getrocknet werden. Die genannten Industriellen haben in ihrem Fabriken terrassenartige Erhöhungen errichtet, welche aus drei Absätzen bestehen. Auf der obersten Fläche, die nicht cementirt ist, werden die ankommenden Algen aufgeschichtet und bleiben hier 4 bis 5 Tage liegen, um abzutropfen. Das abfließende Wasser wird nicht gesammelt, da es nicht jodhaltig ist. Am sechsten Tage kommen die Algen auf die demnächst folgende tiefere Fläche, welche viel größer ist, als die erste, und auf ihr läßt man die Algen gähren. Zu dem Zweck werden sie in Haufen von 50 bis 60 Centim. Höhe aufgeschichtet, und 2 bis 3 Mal gewendet. Nach 48 Stunden haben sie den gewünschten Grad der Fermentirung erreicht. Sie kommen sodann auf die unterste Fläche und sind nunmehr für die eigentliche Verarbeitung genügend vorbereitet. Der Saft, welcher bei der zweiten und dritten Lagerung abfließt, wird sorgfältig in weiten Cisternen gesammelt; er zeigt 7 bis 8°B und ist reicher an Jod, als die Algen selbst. Dieser Saft geht verloren, wenn die Algen, im Freien ausgebreitet und getrocknet werden und ist das eine Hauptquelle des Jodverlustes bei dem gewöhnlichen Verfahren, (22000 T. des bezeichneten Saftes geben 1 T. Salz [salin] mit einem Gehalt von 20,2 Kilo Jod). Dieser Saft kommt in flache, 10—15 Centim. lange und 1 M. breite Pfannen, die über den Oefen zum Eindampfen aufgestellt sind. Hier beginnt der Saft sich zu concentriren und gelangt dann in die Eindampföfen selbst, wo er bis auf 32°B eingedickt wird. Wenn er aus diesen Oefen kommt, ist er mit Theer und anderen empyreumatischen Producten gemischt. Er wird dann gemeinschaftlich mit den Algen in Calciniröfen eingeäschert, 12,6 T. Algen liefern jetzt bei Pellieux und Mazé-Launay durchschnittlich 1 T. Soda mit einem Gehalt von 10,5 K. Jod, dagegen hatten die 4500 T. Varech des Handels, welche von 1868 bis zur Einführung des neuen Verfahrens in Kerhuon verarbeitet wurden,

einen Durchschnittsgehalt von 3,15 Kilo Jod. Nach Pellieux betragen bei einem Gehalt von 10,5 K. Jod in 1 T. Soda die Kosten für 1 K. Jod 10,20 Fr., während bei dem gewöhnlichen Varech mit einem Durchschnittspreis von 8,5 Fr. und einem Durchschnittsgehalt von 3 K. Jod in der Tonne 1 K. Jod 28,35 Fr. kostet.

Nach Pellieux enthält der gewöhnliche Varech durchschnittlich 42 Proc. lösliche Salze und zwar

23	Proc.	Chlornatrium (mit Spuren von kohlens. u. schwefels. Natron)
12	„	Chlorkalium
7	„	Schwefelsaures Kali
42	Proc.	

der nach seinem Verfahren dargestellte dagegen 57 Proc. lösliche Salze in folgender Zusammensetzung:

21,15	Proc.	Chlornatrium und schwefelsaures Natron
5,10	„	Kohlensaures Natron
28,25	„	Chlorkalium
2,50	„	Schwefelsaures Kali
57,00	Proc.	

Die weitere Behandlung des Varech ist bei Pellieux ebenfalls abweichend von dem gewöhnlichen Verfahren. Er laugt methodisch aus, wobei die Laugen eine Stärke von 30 bis 31° B erlangen, dampft dieselben sodann auf 35° B ein und calcinirt sie schließlich. Die Calcination, die ohne jeden Verlust an Jod vor sich gehen soll, hat den Zweck, die Schwefelalkalien und unter-schwefligsauren Salze zu zersetzen, was sonst dadurch erreicht wird, daß man die jodhaltigen Mutterlaugen mit Schwefelsäure zersetzt. Pellieux wendet diese Methode nicht an, weil bei ihr durch Bildung von Jodwasserstoffsäure Verlust an Jod eintritt. Die calcinirten Salze werden abermals methodisch ausgelaugt, die ersten Laugen enthalten das Jodkalium und Jodnatrium. Ist kein Jod mehr in den Salzen, so werden sie getrocknet und als Düngemittel in den Handel gebracht. Die jodhaltigen Mutterlaugen werden eingedampft und calcinirt. Es resultirt ein weißes Salz, welches 30 bis 35 Proc. Jod enthält. Durch kaltes Auslaugen u. s. w. erhält man daraus ein Salz, das 72,4 Proc. Jodkalium und 27,6 Proc. Jodnatrium enthält, aus welchem in bekannter Weise das Jod dargestellt wird.

Die Gewinnung von Brom aus Varech ist in Folge der deutschen und amerikanischen Concurrenz fast allgemein aufge-

geben. Pellieux meint, daß bei seinem Varech, der weit bromreicher als der gewöhnliche Varech des Handels ist, die Darstellung von Brom mit Vortheil wieder aufgenommen werden kann.

Wir haben oben gesehen, daß Pellieux die Salze, aus denen die Jodverbindungen extrahirt sind, ohne sie weiter zu trennen, als Düngemittel verkauft; früher wurden dieselben allgemein auf Chlorkalium und schwefelsaures Kali verarbeitet. Heute lohnt sich in Folge der Staßfurter Concurrenz eine solche Verarbeitung nicht mehr; doch sind immer noch einzelne Jodfabrikanten, die sich damit befassen.

Welche Bedeutung die Varech-Industrie für Frankreich hat, ergiebt die Thatsache, daß im Departement Finistère gegen 5000 Familien davon leben; die Einnahme, welche dieselben erzielen, beläuft sich im Jahre auf ungefähr 2 Millionen Franken. Vor Einführung des chilenischen Jodes wurden in Frankreich im Jahre durchschnittlich 13000 bis 14000 T. Varech verarbeitet und daraus gewonnen etwa 1800 T. Chlorkalium, 1200 T. schwefelsaures Kali, 2500 T. Natronsalze, 40 T. Jod und 5 T. Brom, nebst 5000—6000 T. Rückstände. Die Rückstände, die auf 100 Th. Trockensubstanz 22,4 Th. kohlensauren Kalk und 9,4 Th. phosphorsauren Kalk enthalten, werden als Düngemittel verwendet und sind von der Landwirthschaft sehr begehrt.

Während sonach die französischen Jodfabriken eine Vervollkommnung der Fabrikation hauptsächlich dadurch zu erreichen suchen, daß sie bei der Auswahl der Algen mit Sorgfalt verfahren und die beim Trocknen und Verbrennen derselben eintretenden Jodverluste thunlichst vermindern, also auf die Gewinnung einer hochprocentigen Varechsoda hinarbeiten, empfiehlt Stanford (a. a. O.) gemäß seinem schon im Jahre 1862 gemachten Vorschlag zur Vermeidung von Jodverlusten den Seetang in geschloßenen Gefäßen zu verkohlen. Er erhält bei der Verkohlung eine äußerst poröse Kohle, die beim Auslaugen das ganze Jod und alle Salze liefert, welche überhaupt im Tang vorhanden sind. Die Ausbeute an Kohle beträgt nach Stanford das Doppelte von dem was man nach der alten Methode an Kali erhält, und an Jod wird aus ihr doppelt soviel gewonnen als aus dem Kelp. Als Destillationsproducte werden überdies Ammoniak, Essigsäure, Theer und eine beträchtliche Menge

Leuchtgas gewonnen. Die nach dem Auslaugen zurückbleibende Kohle besitzt nach Stanford ein außerordentlich starkes Absorptionsvermögen für färbende und riechende Stoffe und verdient, da sie zu dem vierten Theile des Preises, welchen andere Kohle kostet, zu erhalten ist, die Aufmerksamkeit der Chemiker.

Der Vortheil den die Stanford'sche Methode gewährt, besteht darin, daß sie neben der vollständigeren Gewinnung des Jodes auch die Ausnutzung der an Qualität besseren Winterzufuhr gestattet und somit die Ausbeute an Jod an einer bestimmten Uferstrecke erheblich steigern läßt. Stanford's Verfahren ist zur Zeit im Großen nur auf den Inseln Tirey und Nord-Uist jedoch zum großen Nutzen der dortigen Bevölkerung ausgeführt worden und verspricht bald weitere Verbreitung zu finden. Auch bei dem Stanford'schen Proceß gewährt die ausschließliche Verwendung jodreichen Tanges wesentliche Vortheile.

Beim Auslaugen des Kelp verfahren nach Stanford in England die Fabriken von W. u. M. Paterson, Hughes und die North-British Chemical Company wie folgt:

Der Kelp wird in Stücke von der Größe des Straßenschotters zerbrochen und in verbundenen Bütten, welche ähnlich den bei dem Auslaugen der Rohsoda gebräuchlichen mit Dampf erhitzt werden, ausgelaugt.

Die Lösung wird bei etwa 40 bis 45° T abgelassen, und in gewöhnlichen offenen Siedepfannen oder in großen schmiedeeisernen Gefäßen unter Zuhilfenahme von Dampfschlangen und Rührwerken eingedampft. Die hierbei sich ausscheidenden Salze werden ausgesoggt. Bei etwa 62° T hat sich ein hartes Salz abgeschieden, welches aus 50 bis 60 Proc. Kaliumsulfat verbunden mit Glaubersalz und Kochsalz besteht. Die heiße Lauge kommt nun in einen eisernen Kühler, welcher gewöhnlich cylindrisch und aus Gußeisen ist und in welchem etwa nach 3 Tagen eine Kruste Chlorkalium auskrystallisirt. Die Mutterlauge wird (bei gutem Junikelp 3 Mal) wieder eingedampft, nach jeder Operation von dem abgeschiedenen Kelpsalz (im Wesentlichen Kochsalz) durch Aussoggen befreit, und behufs Gewinnung neuer Mengen von Chlorkalium auf die Kühler gebracht. Die jetzt erhaltene Mutterlauge, welche am Aräometer 80—95° T zeigt, wird mit etwa 1/7 Nordhäuser Schwefelsäure

(145° T) vermischt und 24 Stunden stehen gelassen, wobei die schwefligsauren Verbindungen und Sulfüre unter Abscheidung von Schwefel zersetzt werden. Aus der Flüssigkeit wird hierauf nach Zusatz von Braunstein das Jod in der bekannten Weise abdestillirt. Letzteres resultirt hierbei sogleich trocken und in guter, verkäuflicher Form, während dasselbe in Frankreich, wo man es mittelst Chlors ausfällt, als feuchtes Pulver erhalten wird und erst sublimirt oder in Jodkalium übergeführt werden muß, um verkäuflich zu werden.

Jodkalium. — Nach E. Schering [1]) kommen für die Darstellung von Jodkalium im Großen hauptsächlich folgende drei Methoden in Betracht: I. Umsetzung von Jodbarium, (erhalten aus Schwefelbarium und Jod) mit Kaliumsulfat; II. Eintragen von Jod in Kalilauge und Schmelzen der eingetrockneten Masse, welche aus Jodkalium und Kaliumjodat besteht, mit Kohle; III. Umsetzung von Eisenjodürjodid mit Kaliumcarbonat. Bei Methode I ist besonders die Entwicklung von Schwefelwasserstoff lästig, bei II das Eindampfen und Schmelzen der Masse zeitraubend, umständlich und theuer, und Schering giebt jetzt, nachdem er vorher nach diesen beiden gearbeitet hatte, der Methode III den Vorzug. Im Handel verlangt man schöne würfelförmige porcellanartige Krystalle, zur Erzielung derselben müssen die Laugen frei von Schwefelverbindungen und alkalisch sein. Beim Einkauf des Jods muß man darauf achten, daß es kein Blei enthält. Dieses kann nämlich wegen der Löslichkeit von Jodblei in Jodkalium in die Laugen übergehen und läßt sich dann nur nach starker Verdünnung vollständig durch Schwefelwasserstoff fällen und vertheuert so die Darstellung durch das nun wieder nothwendige starke Eindampfen. Pellagri [2]) fand, daß jodsaures Kali in verdünnter Lösung durch Schütteln mit Eisenfeile namentlich in der Wärme vollständig in Jodkalium verwandelt werde, und zwar ohne daß Eisen gelöst oder Jod in dem Niederschlag übergeführt werde; und Chiappe und Malesci zeigen an, daß dieses Verfahren auch zur Darstellung von Jodkalium im Großen anwendbar sei. Auch Jodnatrium könne in dieser Weise erhalten werden. Würde ähnlich

1) Zeitschr. f. d. chem. Großgewerbe 1879 S. 9 und Chem. Industrie 1879. 2.

2) Dingl. pol. Journ. 1877 Bd. 223 S. 443.

wie bei der Darstellung von Jodkalium ein Gemenge von Jodnatrium und Natriumjodat für sich allein oder mit Kohle geglüht, so trete ein sehr bedeutender Jodverlust ein. Das Jodkalium wird zum größten Theil in der Medicin, zum kleinsten Theil in der Photographie verbraucht. Das jetzt dem europäischen Jod Concurrenz machende chilenische kam früher breiförmig oder als Jodkupfer in den Handel, jetzt wird es auch 98—99 procentig geliefert.

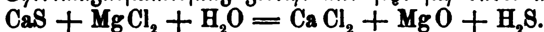
Schwefel.

Gewinnung des Schwefels aus Erzen mittelst überhitzten Wasserdampfes. Bekanntlich hat Schaffner zum Aussaigern des aus Sodarückständen regenerirten Schwefels gespannten Wasserdampf von 3 bis 3½ Atmosphären Spannung verwendet und ist ein analoges Verfahren auch zur Aussaigerung des Schwefels aus sicilianischen Schwefelerzen in Anwendung gekommen (Vergl. dieses Jahrb. Bd. V, S. 363 und Bd. XI, S. 318) Neuerdings hat Gerlach empfohlen, freien Schwefel aus Erzen oder schwefelhaltigen Producten mittelst überhitzten Wasserdampfes abzudestilliren. Tritt Gyps in den Erzen auf, so wird allerdings das Gerlach'sche Verfahren nicht anwendbar sein, da dieser mit Schwefel bei hoher Temperatur nach Sestini schweflige Säure und Schwefelcalcium liefert (Vergl. dieses Jahrb. Bd. XIV, S. 392). Insbesondere scheint Gerlach die Anwendung des überhitzten Dampfes zur Gewinnung von Schwefel aus den unbrauchbar gewordenen Reinigungsmassen der Gasanstalten (Raseneisenerz) für geeignet zu halten. Diese Reinigungsmassen sollen zunächst einem Schlämmproceß unterworfen werden. Nach dem Absetzen des Schlämmwassers erhält man hochprocentige Schliche die nach Wiederholung des Schlämmprocesses einen unreinen Schwefel von 70 Proc. Schwefelgehalt ergeben. Dieses Product soll dann der Destillation mit überhitzten Wasserdampf unterworfen werden. Die beim Schlämmverfahren rückständigen Raseneisenerze sind aufs Neue zur Gasreinigung zu verwenden.

Ein Verfahren der Darstellung von Schwefel aus Sodarückständen, Gyps, Schwerspath ꝛc. und gleichzeitiger

1) Dingl. pol. Journ. 1878 Bd. 230 S. 61.

Gewinnung der mit dem Schwefel verbundenen Erden in Form von Carbonaten, haben sich Schaffner und Helbig [1]) (D. P. v. Febr. 1878) patentiren lassen. Der Sodarückstand wird frisch mit Chlormagnesiumlösung gekocht und setzt sich dabei um:



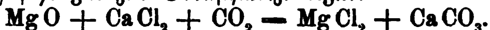
$$CaS + MgCl_2 + H_2O = CaCl_2 + MgO + H_2S.$$

Der Schwefelwasserstoff wird aufgefangen und mit Schwefeldioxyd zu Schwefel und Wasser zersetzt:



$$2H_2S + SO_2 = 3S + 2H_2O.$$

Die nebenbei erfolgende Bildung von Pentathionsäure und ähnlichen Verbindungen (vergleiche die folgende Mittheilung über die Versuche Spring's), die bislang die Ausnutzung dieser Reaction verhinderte, unterbleibt bei Gegenwart von Chlorcalcium- oder Chlormagnesiumlösung, und außerdem bewirken diese, daß sich der Schwefel nicht milchig, sondern in Flocken abscheidet und so gut abfiltrirt werden kann. Auf den vorhandenen gesammten Schwefel ist etwa ein Aequivalent der Chloride erforderlich. Das Schwefeldioxyd erhält man am bequemsten und einfachsten durch Verbrennen eines Theils des Schwefelwasserstoffs selbst. Der Schwefelwasserstoff brennt aus einer eisernen Röhre mit kleinen Oeffnungen mit Beihülfe einer kleinen Leuchtgasflamme, welche das zufällige Verlöschen verhindert, so ruhig wie Leuchtgas. Die zuerst erhaltene Chlorcalciumlauge enthält die Magnesia sehr fein aufgeschwemmt, ist aber noch verunreinigt mit Schlacken und Koks aus der Sodaschmelze, die man leicht und sicher durch Abschlämmen oder Absieben beseitigt. Man regenerirt darauf aus ihr durch Einleiten von Kohlensäure (aus Feuergasen) Chlormagnesium für das Verfahren selbst und sehr fein vertheiltes Calciumcarbonat das sich sehr gut zur Sodaschmelze eignet



$$MgO + CaCl_2 + CO_2 = MgCl_2 + CaCO_3.$$

Nach Schaffner setzt man jetzt bei der Carbonisirung etwas gebrannten Dolomit zu, welcher ebenfalls dabei $MgCl_2$ ergiebt und den unvermeidlichen 5—6 Proc. betragenden Fabrikationsverlust an diesem Artikel deckt. Die Behandlung mit Kohlensäure, welches bisher in einem Apparate nach Art des Weldon'schen Mangan-Oxydationsthurmes, also mit Hülfe einer starken Gebläsemaschine stattfindet, soll in billigerer Weise durch

1) Zeitschrift f. das chem. Großgewerbe 1879 S. 6.

einen gewöhnlichen Thurm mit Gegenstrom geschehen; die Versuche sind hierüber noch nicht ganz abgeschlossen.

Die Pentathionsäure ($H_2S_5O_6$) ist nach Spring[1]) aus der Liste der existirenden Verbindungen zu streichen. Bekanntlich sollen nach Wackenroder Schwefelwasserstoff und schweflige Säure in wässriger Lösung unter Abscheidung von Schwefel Pentathionsäure geben und zwar nach folgender Gleichung:



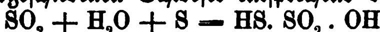
$$5\,SO_2 + 5\,H_2S = H_2S_5O_6 + 4\,H_2O + 5\,S$$

Zufolge der neusten Untersuchungen von Spring entsteht jedoch, wenn schweflige Säure und Schwefelwasserstoff in wässriger Lösung aufeinander wirken, nicht die vermeintliche Petathionsäure, sondern es bilden sich unter Abscheidung von Schwefel Tetrathionsäure ($H_2S_4O_6$) und die von Schützenberger entdeckte unterschweflige Säure (hydroschweflige Säure H_2SO_2, (vergl. dieses Jahrb. Bd. XIV, S. 393). Der Vorgang vollzieht sich nach Spring in verschiedenen aufeinander folgenden Phasen. — Während der ersten Phase der Einwirkung von schwefliger Säure auf Schwefelwasserstoff erfolgt nur Abscheidung von Schwefel. In welcher Weise hierbei die Reaction verläuft, giebt Spring nicht näher an, doch könnte es etwa nach folgender Gleichung geschehen



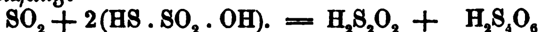
$$2\,H_2S + SO_2 = 2\,H_2O + 3\,S$$

Beim weiteren Verlaufe der Reaction soll nun nach Spring die überschüssig zugeführte schweflige Säure mit dem in feiner Zertheilung ausgeschiedenen Schwefel entsprechend der Gleichung



$$SO_2 + H_2O + S = HS.\,SO_2\,.\,OH$$

Thioschwefelsäure (früher als unterschweflige Säure bezeichnet) geben, welche letztere sich unter fernerer Einwirkung von schwefliger Säure in (Schützenbergers) unterschweflige Säure (H_2SO_2) und Tetrathionsäure ($H_2S_4O_6$) spalten soll, und zwar nach der Gleichung:



$$SO_2 + 2(HS\,.\,SO_2\,.\,OH). = H_2S_2O_2 + H_2S_4O_6$$

Thioschwefelsäure unterschweflige S. Tetrathionsäure.

Die Gegenwart der Schützenberger'schen unterschwefligen Säure wies Spring in der Flüssigkeit nach, indem er sich überzeugte, daß dieselbe Indigo entfärbte. Die Gegenwart von

1) Spring, Memoire sur la non-existance de l'acide pentathionique. Bruxelles 1878. Extrait des Bulletins de l' Academie royale de Belgique 2. Série t. XLV No. 5. mai 1878.

Tetrathionsäure wurde durch ihr Verhalten zu salpetersauren Quecksilberoxydul erkannt, welches einen gelben Niederschlag hervorbrachte, ferner durch Silbernitrat, welches eine gelbe, rasch schwarzwerdende Fällung verursachte, so wie durch Kupfervitriol, welches selbst in der Wärme keine Fällung verursachte. Ueberdies hat Spring die Versuche Wackenroder's wiederholt, durch welche dieser den Beweis für die Existenz der Pentathionsäure zu liefern suchte, konnte sich aber auch hierbei nur von der Bildung von Tetrathionsäure überzeugen. Ebenso wies er nach, daß bei der Einwirkung von schwefliger Säure auf Chlorschwefel (SCl_2), bei welcher nach Fordos und Gelis Pentathionsäure entstehen soll, ebenfalls nur Tetrathionsäure gebildet werde.

Um mittelst Schützenberger's unterschwefliger Säure (vergl. dieses Jahrb. Bd. XIV, S. 393) und Indigo, Wolle und Seide zu bleichen und vollkommen licht-, luft- und walkecht zu azuriren hat Ferd. Vict. Kallab[1]) in Wiese bei Jägerndorf einen neuen Weg eingeschlagen.

Die auf die eine oder andere Weise mittelst schwefliger Säure gebleichte Wolle zeigt bekanntlich immer noch einen gelblichen Stich; um denselben zu verdecken, werden nachträglich verschiedene blaue und violette Farbstoffe den Garnen oder Geweben einverleibt, wie Indigokarmin, Indigopurpur, Anilinblau, Anilinviolet, Flechtenfarbstoffe, Ultramarin, Berlinerblau und Kobaltblau. Obwohl die auf diesem Wege erzielten Resultate bezüglich der Schönheit des Weiß zum Theil ganz befriedigend sind, so ist doch bei manchen der genannten Farbstoffe die Widerstandsfähigkeit dieser Schönungsmittel das eine Mal gegen Luft und Licht, das andere Mal gegen die Einwirkung von heißen Wasserdämpfen oder gegenüber Seifeflüssigkeiten eine ziemlich fragliche. Kallab bedient sich deshalb des folgenden Verfahrens.

Nachdem der zu bleichende Stoff in der sonst üblichen Weise vollkommen von seinen Verunreinigungen befreit worden ist, wird derselbe feucht in ein reines Wasserbad von gewöhnlicher Temperatur gebracht, dem man zuvor 0,5 bis 1 Gramm feinst gemahlenen, röthlich blauen Indigo auf 100 Liter Flüssig-

1) Dingl. pol. Journ. 1878 Bd. 229 S. 89.

keit zugefügt hat, so daß eine Probe der letzteren, in eine weiße Porcellanschale gegossen, nur einen schwach bläulichen Ton zeigt. Nach kurzem Aufenthalt in dieser Flüssigkeit wird der jetzt mit fein zertheiltem Indigo bekleidete Stoff ausgedrückt oder ausgewunden und unter entsprechender Hantirung in das Bleichbad gebracht.

Die Bleichflüssigkeit befindet sich in einem hölzernen, dicht verschließbaren Gefäß und besteht aus einer Lösung von frisch bereitetem unterschwefligsaurem Natrium $NaHSO_2$ von 1,0069 bis 1,0283 spec. G. je nachdem sich das Bedürfniß einer schwächeren oder stärkeren Concentration herausstellt. Auf je 1 Liter Flüssigkeit werden noch 5 bis 20 Cubikcentimeter 50 procentiger, von starken Mineralsäuren freier Essigsäure zugefügt, das Ganze gut umgerührt, sodann die Garne oder Gewebe in das Bad eingelegt und das Gefäß verschlossen, um den Zutritt der atmosphärischen Luft zu verhindern. Hier wird nun der mechanisch anhaftende Indigo zu Indigoweiß reducirt und in gelöster Form von der Faser aufgenommen, während die aus dem Hyposulfit sich bildende schweflige Säure gleichzeitig das Bleichen besorgt. Ist der Bleichproceß beendigt, wozu je nach der Art der Gewebsfaser wenige, in manchen Fällen aber auch 12 bis 24 und noch mehr Stunden erforderlich sind, so muß eine aus dem Bad herausgenommene Stoffprobe nach dem Abspülen mit Wasser an der Luft ein vollkommen reines Weiß mit bläulichem Schimmer zeigen. Im zutreffenden Falle geht man mit der gesammten Waare aus dem Bleichbad heraus, läßt ablaufen und setzt sie der Luft aus. Das Indigoweiß verwandelt sich nunmehr in Indigoblau zurück und bewirkt so eine vollkommen echte Azurage der Gewebsfaser. Bei Anwendung von concentrirten Bleichbädern ist eine darauf folgende Behandlung mit 0,5 bis 1 Proc. Lösung von krystallisirter Soda zu empfehlen. Schließlich wird in fließendem Wasser gut abgespült, ausgeschleudert und in der Luft oder in der Trockenkammer bei 30 bis 35° getrocknet.

Man kann auch in der Weise vorgehen, daß man die mit Indigopulver getränkten Garne oder Gewebe vor dem Zusatz der Essigsäure in das Bleichbad einlegt und letztere erst später zufügt, wobei selbstverständlich die ersten vorübergehend herausgenommen werden müssen. Doch ist nicht zu übersehen, daß

damit ein besonderer Vortheil in der Anwendung der Essigsäure verloren geht. Dieselbe hat nicht nur den Zweck, das sich bildende Indigoweiß auf der Faser zurückzuhalten, sondern auch zu verhindern, daß der anfänglich nur mechanisch abgelagerte blaue Indigo nicht von den Stoffen in die umgebende Flüssigkeit übergehe. Man kann sich von dieser Wirkung des Säurezusatzes leicht überzeugen, wenn man feucht geriebenen Indigo in reinem Wasser vertheilt: das Wasser wird alsdann tagelang blau gefärbt erscheinen; wird jedoch etwas Säure (Essigsäure, Salzsäure) hinzugefügt, so schlägt sich aller Indigo sehr bald zu Boden.

Für das Bleichen von loser Wolle setzt man dem Hyposulfitbad selbst den Indigo zu, geht nach Verlauf von 1/4 Stunde mit der Wolle in das Bad ein und fügt weiter nach 1/2 Stunde, ohne die Wolle erst heraus zu nehmen, langsam die nöthige Menge verdünnter Essigsäure (10 Th. Wasser, 1. Th. Essigsäure) unter entsprechender Hantirung des Materials hinzu. Die weitere Behandlung ist dieselbe, wie oben angegeben. Ist eine Wolle auffallend gelb gefärbt, so verwendet man zum Bleichen unterschwefligsauren Kalk anstatt des Natriumsalzes. Letzteres wird bekanntlich erhalten, indem man zu einer Lösung des Natriumbisulfits metallisches Zink zufügt, worauf das die Lösung enthaltende Gefäß verschlossen und von Zeit zu Zeit geschüttelt wird. Nach ungefähr einer Stunde gießt man die klare Flüssigkeit, welche etwas Zink in Form eines Doppelsalzes von Zink und Natriumsulfit gelöst enthält, von dem überschüssigen metallischen Zink ab, um sie direct für das Bleichbad zu verwenden. Will man aber mit Calciumhyposulfit bleichen, so wird jene Flüssigkeit mit Kalkmilch versetzt, bis sie eben schwach alkalisch reagirt. Man bereitet alsdann ohne anderweitigen Zusatz ein Calciumhyposulfitbad von 1 bis 1,0283 spec. G. und geht mit der zu bleichenden Wolle ohne vorhergehendes Bläuen mit Indigo in das Bad ein. Nach beendigtem Bleichproceß wird die Wolle abgespült, mit schwacher Essigsäure behandelt und nochmals in Wasser gespült.

Für Seide muß die Bleichflüssigkeit schwächer genommen werden als für Wolle. Die Stärke der Flüssigkeit richtet sich überhaupt nach der mehr oder weniger starken Färbung des zu bleichenden Materials; doch soll sie im Allgemeinen sich in den

oben angegebenen Gränzen bewegen. Das Verfahren läßt sich in gleicher Weise auf Seide anwenden, welche mit Wolle verwebt ist und den Walkproceß durchzumachen hat. Auch Federn, Badeschwämme, Leinen, Hanf, Baumwolle, Holz und Stroh werden nach längerem Verweilen in einem der erwähnten Hyposulfitbäder stark entfärbt. Im Uebrigen stellt sich das neue Verfahren, welches den Patentschutz in Oesterreich-Ungarn, Frankreich, Belgien, England und Deutschland (D. R. P. Anmeldung Nr. 4758 vom 6 December 1877) genießt, nicht theurer als die bisher angewendeten, während es den bis jetzt nicht erreichten Vortheil einer möglichst echten Azurage bietet.

Ueberschwefelsäure. — Berthelot[1]) stellte durch Einwirkung des elektrischen Stromes auf ein Gemenge von gleichen Volumen Schwefeldioxyd und Sauerstoff die Ueberschwefelsäure (acide persulfurique), eine neue Oxydationsstufe des Schwefels dar, welche der Uebermangansäure und der Ueberchromsäure entspricht. Dieselbe bildet sich außerdem noch in Lösung, wenn concentrirte Schwefelsäure der Elektrolyse unterworfen wird; man hat sie unter diesen Umständen gewöhnlich für Wasserstoffsuperoxyd oder auch für Antozon gehalten; sie soll auch entstehen, wenn man Wasserstoffsuperoxyd vorsichtig mit Schwefelsäure mengt, doch ist sie nur bei Anwendung von concentrirter Schwefelsäure beständig. Auch bei der Einwirkung von Schwefelsäure auf metallische oder alkalische Superoxyde hält der Verfasser ihre Entstehung für wahrscheinlich. Zur Darstellung dieser Substanz ließ er auf das vollkommen trockene Gasgemisch in dem von ihm angegebenen, aus concentrischen Röhren bestehenden Apparat den elektrischen Strom 8—10 Std. lang einwirken und erhielt dann zunächst kleine, den Wandungen anhaftende flüssige Tröpfchen, die zuweilen zu einer zusammenhängenden Schicht sich ausbreiteten. Auf 0° erkältet, erstarrte dieselbe zu oft mehrere Centimeter langen krystallinischen Nadeln, im Aeußern an das Anhydrid der Schwefelsäure erinnernd. Die Dämpfe dieser Säure besitzen eine beträchtliche Spannkraft; sie zersetzt sich leicht beim Versuch der Sublimation. Der oben angegebenen Zusammensetzung dieser Substanz versicherte sich der Verfasser durch die Synthese sowohl, wie auch durch

1) Wagner's Jahresbericht 1878 S. 330.

Analysen; erstere zeigte, daß die elektrische Entstehung nach folgender Gleichung verläuft.



$$2\,SO_2 + 4O = S_2O_7 + O$$

4 Vol. 4 Vol. 1 Vol.

d. h. von dem Gesammtvolumen der angewandten Gase blieb nur 1/8 als Sauerstoff zurück. Die Analyse basirte auf der oxydirenden Wirkung der Substanz mit reducirenden Agentien, wie Zinnchlorür, titrirte Eisenoxydullösung, Jodkalium und titrirte Lösung von Schwefeldioxyd. Die neue Säure besitzt im Allgemeinen eine geringe Beständigkeit, doch erhält sie sich während mehrerer Tage bei 0°, wogegen sie in wässeriger Lösung rasch zerfällt. Selbst in concentrirter Schwefelsäure entwickelt sie langsam Sauerstoff und ist nach Ablauf von 6 Wochen fast vollkommen zersetzt. Ueber einer Flamme erhitzt, zerfällt sie rasch in Sauerstoff und Schwefelsäure-Anhydrid. An feuchter Luft zerfällt sie in derselben Weise unter Bildung dicker Nebel. Schwefeldioxyd wird zu Schwefelsäure, und wenn im Ueberschuß vorhanden, zu Unterschwefelsäure (S_2O_5) oxydirt. Eine wässerige Lösung von Barythydrat zersetzt die Säure zum größten Theil rasch, doch soll ein Theil Barium-Persulfat bilden, welches jedoch nicht zu isoliren ist. Im Allgemeinen sind die oxydirenden Wirkungen dieser Substanz nicht so ausgesprochen, wie die von Chlor und Ozon, denn sie vermag in der Kälte weder arsenige Säure, noch Oxalsäure zu oxydiren, auch bildet sie nicht, wie das Wasserstoffsuperoxyd, Ueberchromsäure, reducirt nicht wie dieses Kaliumpermanganat und kann in wässerigen Lösungen, wie als Anhydrid neben Wasserstoffsuperoxyd, auch neben Ozon bestehen, ohne eine Zersetzung zu erleiden.

Silicium.

Silicium-Metalle, insbesondere Siliciumeisen und Siliciumferromangan[1]) werden neuerdings im Großen dargestellt. Man bedient sich derselben beim Stahlschmelzen um dichte Stahlgüsse, d. h. Ingots herzustellen, die frei von allen Blasen sind. Letztere rühren nach Bessemer von eingeschlossenem Kohlenoxydgas her, welches in geschmolzenem Stahl aufgelöst ist, bei dessen Festwerden aber zum Theil entweicht,

1) Wagner's Jahresbericht 1878 S. 165.

da das Absorptionsvermögen des flüssigen Stahls ein größeres ist als das des festwerdenden. Die so gebildeten Blasen beeinträchtigen die Homogenität der Güsse in hohem Grade. Ein Zusatz von Siliciumeisen oder von Siliciumferromangan zum schmelzenden Stahl verhindert indessen die Blasenbildung, indem sich das Silicium nach Gautier mit dem Kohlenoxyd zu Kieselsäure und Kohlenstoff umsetzt ($2\,CO + Si = SiO_2 + 2\,C$). Letztere beiden bleiben in der Gußmasse in feinen Partikeln gleichmäßig vertheilt. Versuche haben nachgewiesen, daß die so erhaltenen Ingots einen sehr zähen Stahl liefern. Das Siliciumferromangan verdient hierbei nach Köhler den Vorzug vor dem Siliciumeisen, weil der Mangangehalt des ersteren zugleich die im geschmolzenen Metalle enthaltenen Eisenoxyde reducirt. Nach Osann wirkt das Silicium lediglich auf die Oxyde des Eisens und Mangans, indem es mit diesen eine Schlacke bildet, und so indirect die Blasenbildung verhindert, da bei Abwesenheit von Siliciummetallen die Reduction jener Oxyde durch Kohlenstoff bewirkt wird, wobei das die Blasenbildung verursachende Kohlenoxydgas entsteht.

Ein Verfahren zur Erzeugung von Siliciummetallen ließ sich J. Hollway[1]) in England patentiren. Nach demselben sollen Manganerze oder Eisenerze mit Kieselsäure oder kieselhaltigen Stoffen, Bitumen und Kohle innig gemischt und verkokt werden. Erforderlichen Falls werden Kalk, Thonerde und dergleichen Körper, die zur Schlackenbildung Veranlassung geben würden, aus den Materialien vorher entfernt. Beim Schmelzen reducirt dann der innig angelagerte Kohlenstoff die Kieselsäure, sowohl wie die Metalloxyde und veranlaßt die Bildung von Siliciumlegirungen.

Aehnliche Legirungen werden auch in Terre noire im Gebläseschachtofen gewonnen, dieselben sind wie folgt zusammengesetzt:

Mangan	70—75	Proc.
Eisen	16—18	„
Silicium	6,5—10	„
Kohle ꝛc.	2,0—2,5	„

Man setzt davon beim Stahlschmelzen im Siemens-Martins'schen Ofen gegen Ende der Operation 1 bis 1 1/4 Proc. zu.

1) Wagner's Jahresbericht 1878 S. 18.

Auch im Tiegel können dergleichen Producte mit 6 Proc. Silicium und 60 bis 70 Proc. Mangan erhalten werden und zwar nach folgendem Verfahren:

Man nehme:

	Gewichtstheile
Ferromangan (60—70 Proc. Mangan und 6—7 Proc. Kohle enthaltend)	44
Eisen in kleinen Stückchen	5
Quarz, gute Qualität	20
Fluorcalcium	31
	100

Die gepulverten Substanzen werden mit Kohlentheer zu einer steifen Masse angemengt, die nachher in die Schmelztiegel eingetragen wird. Ist das Product nicht reich genug an Silicium, so verwendet man höher gekohltes Ferromangan und schlägt mehr Quarz und Flußspath zu. Die Anwendung des Flußspathes beruht auf folgender Reaction



$$12CaF_2 + 4SiO_2 = 4CaSiF_6 + 8CaO$$

das gebildete Kieselfuorcalcium bildet dann Silicium beim Schmelzen und der Kalk verbindet sich mit überschüssigem Quarz und etwas Mangan zu einer flüssigen Schlacke, welche die Legierung vor Oxydation schützt. Dies Verfahren liefert auf billigere Weise Siliciummanganlegirungen als das Zusammenschmelzen von Ferromangan mit Quarz allein.

Kieselsäure. — Ein wesentlich aus Kieselsäure bestehendes (90 Proc. reine Kieselsäure enthaltendes) Präparat wird unter dem Namen Emailfarbe (Enamel paint) von der Silicate Paint Comp.[1]) in London als Ersatzstoff für Bleiweiß in den Handel gebracht. Die Farbe und Proben von mit dieser hergestellten Anstrichen waren im vorigen Jahre in Paris aufgestellt. Das Präparat wird durch Glühen eines Minerals — wohl einer Art Infusorienerde — gewonnen, das im Wesentlichen aus Kieselsäurehydrat besteht und vor einigen Jahren in einem bedeutenden Lager in West-England aufgefunden wurde. Die geglühte Substanz wird für Anstriche mit harzigen Präparaten gemischt. Die so erhaltenen Anstrichfarben, die für Holz, Stein und Metall geeignet sind, sollen sehr rasch trocknen und harte, glatte, glänzende und wasser-

1) Wagner's Jahresbericht 1878 S. 52.

dichte Oberflächen geben, welche porzellan- oder marmorähnliches Ansehen besitzen und mit Seife und Wasser abgewaschen werden können.

Glas.

Ueber die chemische Zusammensetzung der Gläser und die dadurch bedingte Widerstandsfähigkeit derselben gegen atmosphärische Einflüsse hat Rudolph Weber[1]) einer Reihe von Versuchen angestellt. — Die bereits vorliegenden zahlreichen Glasanalysen[2]) gewähren wohl ein Bild von der Zusammensetzung zweifellos guter und ausgesprochen mangelhafter Gläser und haben ergeben, daß die nicht hinreichend widerstandsfähigen, an der Luft beschlagenden weichen Gläser meist aus sehr leicht flüssigen, zuviel alkalische Schmelzmittel enthaltenden Sätzen hergestellt sind. Allein in nicht ausreichendem Umfange dürfte durch die älteren Analysen der Einfluß dargelegt sein, welchen eine verhältnißmäßig geringe Variation der Mischungsverhältnisse auf die Eigenschaften gerade derjenigen Gläser ausübt, die hinsichtlich ihrer Qualität auf der Grenze zwischen gut und mangelhaft stehen; und gerade diesem Momente dürfte um deswillen ein größeres praktisches Interesse beizumessen sein, weil die unter reichlicher Verwendung von Schmelzmitteln fabricirten Gläser der beabsichtigten Brennstofferſparniß wegen die Massenproducte der Glasindustrie bilden.

Der Verfasser hat sich bestrebt zur Ausfüllung dieser Lücke beizutragen und hat eine größere Anzahl von Glassorten, nämlich eine Reihe entschieden guter, zweifellos mangelhafter und auch solcher Gläser untersucht, welche den praktischen Ansprüchen nicht durchweg genügen, sich schon den merklich fehlerhaften Gläsern hinneigen und gewissermaßen den Uebergang zwischen jenen Glassorten vermitteln. In dieser Reihe von Proben sind die hauptsächlichsten Glasarten mit Ausnahme des

---

1) Annalen der Physik u. Chemie 1879. Neue Folge Bd. VI. S. 431.

2) Vergl. die Untersuchungen von Dumas u. Berthier in Dinglers pol. Journ. 1830 Bd. 39 S. 27 u. 43. — von Warrington in Erdmann's Journal für prakt. Chemie 1845 Bd. 36 S. 37 — von Vogel u. Reschauer in Dinglers pol. Journ. 1858 Bd. 152 S. 181, u. von Siegwart ebendaselbst 1872 Bd. 205 S. 42.

thonerdereichen Grünglases vertreten, nämlich sowohl Spiegel-, Fenster-, Hohl-, wie Krystallgläser. Jede dieser einzelnen Gruppen enthält Gläser von guter, mittlerer und geringer Qualität.

Dem Grundplane der Untersuchung gemäß wurde besondere Sorgfalt auf die Ermittelung der Qualität der Gläser verwendet. Als gute Gläser wurden diejenigen angesehen, welche sich unter den Verhältnissen, denen das Glas bei seinem Gebrauche ausgesetzt ist, während längerer Zeit gut erhalten haben. Proben von Tafelgläsern, welche während längerer Jahre in den Fenstern bewohnter Räume sich befunden haben, dabei der Wirkung der feuchten Niederschläge, der Wärme, sowie des Sonnenlichts ausgesetzt gewesen sind, ohne einen bemerkbaren Angriff erlitten zu haben, standen dem Verfasser zu Gebote. Er untersuchte dann Proben von Spiegelscheiben, welche selbst nach einer längern Reihe von Jahren nicht beschlagen waren, sowie auch aus Spiegelglas gefertigte Schliffstücke, welche Theile optischer Instrumente (Spiegel von Sextanten, kleine Linsen) bildeten und weder bei dem Gebrauche der Instrumente, noch nach längerer Zeit der Verwahrung derselben (in Kästen) eine nachtheilige Veränderung erlitten hatten.

Aehnliche Proben von bewährten optischen Gläsern stellten dem Verfasser die Optiker Fr. Schmidt und Hänsch in Berlin zur Verfügung. Gutes Hohlglas charakterisirt sich vor allem durch das gemeinsame Kennzeichen guter Gläser, an der Luft nicht zu beschlagen, sowie auch dadurch, daß der Staub auf demselben weniger haftet. Gute Gläser erhalten sich auch unverändert, wenn sie mit Hüllen oder Kapseln leicht überdeckt, in stagnirenden Luftschichten während längerer Zeiträume verbleiben, wogegen mangelhafte Gläser unter solchen Umständen erfahrungsmäßig leicht Anflüge bekommen. Bei mangelhaften optischen Gläsern wird dieses für den Gebrauch so ungünstige Verhalten öfter wahrgenommen.

Die mangelhaften Gläser werden bekanntlich an der Luft feucht oder beschlagen mit einem reifartigen Gebilde, welches sich nach dem Abwischen alsbald erneuert. Solche Gläser erblinden infolge der chemischen Veränderung der Oberfläche und bekommen häufig die bekannten farbigen Anflüge, welche von dünnen Schichten der Zersetzungsprodukte herrühren. Zuweilen

erscheint die Oberfläche solcher Gläser mit zahllosen Haarrissen gleichsam überkleidet, und unter Umständen, vielleicht unter Mitwirkung dauernder Erschütterungen, vertiefen sich diese Risse zu Sprüngen, welche die zweite Oberfläche erreichen, so daß mitunter eine völlige Zerklüftung der Glasgegenstände eintritt.

Gläser, bei welchen die mangelhafte Qualität weniger ausgeprägt ist, zeigen erst nach längerer Zeit, namentlich in feuchten Räumen, insbesondere in stagnirenden Luftschichten, mehr oder weniger deutliche Beschläge. Bei mangelhaften Fensterscheiben zeigt sich der Fehler nach längern Aufbewahren in den Lagerräumen, namentlich wenn die Tafeln in Kisten verpackt stehen bleiben. Neben bessern Scheiben in Fenster eingesetzt, tritt die mehr oder weniger geringere Qualität durch eine stärkere Neigung zum Bestäuben, als dieses bei den guten Sorten der Fall ist, hervor. Werden mangelhaft zusammengesetzte Hohlgläser zu Glocken ꝛc. verarbeitet, so beschlagen namentlich leicht deren innere Wandungen, sobald durch Deckel oder Abschlüsse der Luftwechsel im Innern beschränkt wird.

Die bei dem längern Gebrauch der Gläser sich herausstellende Qualität kündigt sich bereits an, wenn die betreffenden, durch sorgfältiges Abwaschen mit Alkohol gesäuberten Gegenstände oder Probestücke unter gleichen Verhältnissen (etwa in einer gut bedeckten Holzkiste), während einer Zeit von 6—12 Monaten sich überlassen bleiben. Der verschiedene Grad der Fehlerhaftigkeit giebt sich dann durch einen geringern und stärkern Grad des Beschlagens kund, während die bewährten Gläser unverändert bleiben.

Hand in Hand mit dem aus dem Gebrauche unmittelbar ersehenen und durch letzteres Verfahren angezeigten Verhalten gehen die Ergebnisse eines Prüfungsverfahrens, welches früher von dem Verfasser [1]) beschrieben worden ist und den Zweck hatte, die namentlich für optische Zwecke bestimmten Gläser auf ihre Güte zu prüfen. Es besteht dieses Verfahren darin, daß die mittelst Alkohol sorgfältigst gereinigten Probestücke während 24 Stunden über eine mit einer Glasglocke überdeckte, starke, rauchende Salzsäure enthaltende Schale gelegt

1) Verhandl. des Ver. zur Beförd. d. Gewerbfleißes 1863 S. 131.

und alsdann behufs der Verdunstung der condensirten Säurepartikel 24 Stunden in einen abgeschlossenen Raum gestellt werden.

Je nachdem nun die Gläser mehr oder weniger zum Beschlagen neigen, zeigt sich auf ihnen ein mehr oder weniger starker, weißer Beschlag, welcher sich bei den auf der Grenze stehenden Gläsern zu einem zarten Hauche abmindert, der bei den bewährten Gläsern unmerklich wird. Zur Beurtheilung der nur wenig beschlagenden Scheiben hat der Verfasser es jetzt als sehr zweckmäßig erkannt, die abgedunsteten Scheiben einem Fenster parallel zu halten und sie dann unter einem Winkel von 30—40° zu beobachten, wobei sich die zartesten hauchförmigen Beschläge erkennen und ihrer Stärke nach mit den Beschlägen anderer Scheiben bequem vergleichen lassen.

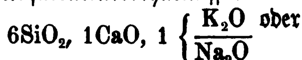
Es hat dieses Verfahren bei der großen Zahl der Proben, auf welches es jetzt angewendet worden, eine völlige Uebereinstimmung mit den durch den Gebrauch erkannten Eigenschaften ergeben, und es kann nach demselben die Beschaffenheit der Gläser leicht vergleichungsweise festgestellt werden.

Der Verfasser hat dem obigen, in der Reaction der Salzsäuredünste bestehenden Prüfungsverfahren den Vorzug vor den Methoden geben müssen, welche auf der Einwirkung flüssiger Substanzen, wie Chlorzinklösung ꝛc. beruhen.

Der Verfasser stellt a. a. O. in mehreren Tabellen die Ergebnisse der quantitativen Analyse von 49 solcher Glasproben zusammen, deren Qualität einerseits nach dem Gebrauche, sowie nach längerem Aufbewahren (9—12 Monate), andrerseits mittelst des beschriebenen Salzsäureverfahrens bestimmt wurde. Die Ergebnisse des letztern waren stets in Uebereinstimmung mit dem Gebrauchserfahrungen.

Während bezüglich der Tabellen auf die Originalabhandlung zu verweisen ist, mögen die wichtigsten Ergebnisse der Untersuchung hier kurz Erwähnung finden:

Die Zusammensetzung vieler bewährter Kalk-Alkali-Gläser nähert sich dem Aequivalentverhältnisse:



$$6SiO_2,\ 1CaO,\ 1 \left\{ \frac{K_2O}{Na_2O} \right. \text{oder}$$

Aber auch bei guten Gläsern kann ein größerer Alkaligehalt dann vorhanden sein, wenn durch einen mehr als 6

Aequivalente betragenden Gehalt von Kieselsäure dieses sonst ungünstige Verhältniß compensirt wird, wogegen ein geringerer Kieselsäuregehalt dann zulässig erscheint, wenn dem Kalke gegenüber das Alkali zurücktritt. Von der Bestimmung der Gläser hängt es der Regel nach ab, welcher Mischung der Vorzug gegeben wird. Bei den Fenstergläsern kommen jetzt vielfach die an Kalk reicheren, (im Verhältniß zu dem Kalk) an Alkali ärmeren Gläser vor, wobei dann aber auch der Erfahrung Rechnung getragen ist, daß ein größerer Kalkgehalt den Glanz der Gläser erhöht. Bei den Schleifgläsern (d. h. den Kalk-Alkali-Gläsern) sind die an Alkalien und zugleich an Kieselsäure reicheren Gläser vielfach vertreten, welche meistens härter sind, gute Politur annehmen und für diese Bestimmung besonders geeignet sich erwiesen haben.

Folgende Beispiele bestätigen das Gesagte:

	bewährte Gläser			mangelhafte Gläser		mittlere Qualität	
	1. Hohlglas	2. Spiegelglas	3. Böhm. Schleifglas	4. Röhren	5. Glocke	6. Spiegelglas	7. Fensterglas
Kieselsäure . .	72,13	70,58	75,81	63,40	74,88	74,49	70,33
Thonerde . . .	1,41	1,01	1,01	2,67	1,36	1,19	2,13
Kalkerde . . .	11,51	16,07	7,38	13,75	5,81	8,86	12,35
Magnesia . . .	—	0,80	0,10	—	0,04	0,05	0,24
Kali	5,66	—	11,39	19,86	—	—	—
Natron . . .	10,06	11,77	4,84	—	17,70	15,94	14,95
	100,77	99,23	100,53	99,68	99,79	100,53	100,00
$SiO_2 : \left\{\frac{CaO}{MgO}\right. : \left\{\frac{K_2O}{Na_2O}\right.$	5,8:1:1	3,8:1:0,6	9,6:1:1,5	4,3:1:085	12:1:2,7	7,8:1:1,6	5,2:1:1

Während unter den bewährten Gläsern Nr. 1 nahezu eine der Formel $1CaO, 1 \left.\frac{K}{Na}\right\} O, 6SiO_2$ entsprechende Zusammensetzung hat, weist die Analyse in Nr. 2 zwar einen geringeren Kieselsäuregehalt nach; das Glas behauptet aber seine gute Qualität, weil auf 1 Aeq. Kalk nur 0,6 Aeq. Alkali vorhanden sind, während umgekehrt der Probe Nr. 3, in welcher neben 1 Aeq. Kalk 1,5 Aeq. Alkali auftreten, dauerhaft erscheint, weil auf 2,5 Aeq. Basis 9,6 Aeq. Kiesersäure, also auf je 2 Aeq. Basis 7,6 Aeq. Kieselsäure vorhanden sind. Dahingegen er-

wies sich die Probe Nr. 4 als mangelhaft (wurde von kochendem Wasser angegriffen), da hier neben 1,85 Aeq. Basis nur 4,3 Aeq. Kieselsäure also neben 1 Basis nur 4,6 Kieselsäure auftreten, während der Kalkgehalt gegenüber dem Alkaligehalt nur unerheblich dominirt (Aequivalentverhältnisse 1 : 0,85); und die Probe Nr. 5 erweist sich unbeständig, obgleich auf 3,7 Aeq. Basis 12 Aeq. Säure also auf 2 Aeq. Basis über 6 Aeq. Säure vorhanden sind, weil der Alkaligehalt gegenüber dem Kalkgehalt derartig gesteigert ist, das neben 1 Aeq. Kalk 2,7 Aeq. Alkali auftreten.

Die Gläser Nr. 6 und 7 stehen bezüglich ihrer Qualität auf der Grenze zwischen gut und schlecht (zeigen schon eine merkliche Neigung zum Beschlagen) und in Uebereinstimmung mit den obigen Angaben weist die Analyse nach, daß in Nr. 6 zwar auf 2 Aeq. Basis genau 6 Aeq. Kieselsäure vorhanden sind, während das Alkali gegenüber dem Kalk erheblich vorherrscht. In Probe Nr. 7 treten zwar Kalk und Alkali in äquivalenter Menge auf, aber mit 2 Aeq. Basis sind nur 5,2 Aeq. Säure verbunden. Der Verfasser bestätigt übrigens die Erfahrung, daß Kaligläser bei ähnlicher Zusammensetzung leichter als die Natrongläser angreifbar sind.

Von bleihaltigen Gläsern hat der Verf. nur eine geringere Anzahl untersucht. Ein von den Optikern Schmidt und Hänsch besonders bewährt befundenes Flintglas erwies sich nahezu entsprechend der Formel 1 K_2O, 3 PbO, 10,5 SiO_2 zusammengesetzt. Die Zusammensetzung vortrefflicher, sehr beständiger Proben von Krystallglas aus den Krystallerien zu St. Louis, St. Lambert u. Baccarat näherte sich mehr dem Aequivalentverhältniß $1K_2O : 2PbO : 10{,}5\ SiO_2$. In den zum Beschlagen geneigteren und unbeständigeren Bleigläsern ließ sich ein wesentlich höherer Bleigehalt nachweisen.

Hartglas. — In einem P. E. unterzeichneten Aufsatze im Polytechnischen Journal [1]) sind die Eigenschaften des Hartglases, die Verwendbarkeit desselben, sowie die zur Darstellung desselben bisher in Anwendung gebrachten Verfahrungsweisen in übersichtlicher Weise besprochen. Da wir über das Verhalten sowie über die Fabrikation des Hartglases schon wieder-

1) Dinglers pol. Journ. 1878 Bd. 229 S. 57.

holt berichtet haben (Vergl. dieses Jahrb. B. XI, S. 348; B. XII, S. 313; B. XIII, 356.) entnehmen wir dem angezogenen Aufsatze nur die über die Verwendbarkeit dieses Artikels ausgesprochenen Ansichten.

Ohne Zweifel haben sich die großen Erwartungen, die man bezüglich der Bedeutung des Hartglases hegte, bis jetzt nicht erfüllt; ja man wird nicht weit fehl gehen mit der Behauptung, die Hartglasfrage sei zur Zeit eine noch schwebende; trotz der bedeutenden Anstrengungen, die gemacht wurden, ist das Hartglas bis jetzt nur ein Product geblieben, welches seiner Eigenschaften wegen Interesse erregt, dessen Vorzüglichkeit dem anderen Glase gegenüber aber noch keineswegs endgiltig festgestellt ist.

Der allgemeinen Anwendung des Hartglases steht namentlich die vielfach beobachtete Thatsache entgegen, daß Gegenstände aus Hartglas, nachdem sie die erstaunlichsten Proben auf Widerstandsfähigkeit ausgehalten haben, bei geringfügigen Anlässen zerspringen. In vielen Fällen, in welchen gehärtete Gegenstände ohne augenfällige Ursache explosionsähnlich zersprangen, läßt sich der Vorgang wohl auf ungenügende, falsche oder zu starke Härtung zurückführen. Indessen man ist nicht im Stande, vor dem Verkauf mit Sicherheit das Gute von dem Schlechten zu scheiden. Die Härtung ist überall da zu vermeiden, wo für einen Bruch auch nur geringe Wahrscheinlichkeit vorliegt; denn die Art dieses Bruches, das explosionsartige Auseinanderfahren, vermindert den Werth des Hartglases hauptsächlich; es hat dies das anfänglich große Vertrauen des Publikums rasch in Mißtrauen verwandelt.

Ueber die Beständigkeit des Hartglases als solches liegen noch keine endgiltigen Erfahrungen vor; wohl erscheint es möglich, daß die Spannung im Hartglas mit der Zeit mehr und mehr schwindet, zuletzt nur gewöhnliches Glas zurückbleibt. Die in dieser Richtung ausgeführten Versuche, besonders durch starkes Erhitzen die Spannungszustände auszugleichen, und deren negatives Ergebniß sind keineswegs entscheidend. Von anderer Seite liegen positive Beobachtungen vor, welche darthun, daß selbst im gewöhnlichen Glase durch milde, aber lang dauernde Einwirkungen, z. B. des Lichtes, moleculare Verschiebungen Platz greifen — eine Thatsache, welche jeder Pho-

tograph kennt und die für Mangan= und Gold=haltige Gläser mit Sicherheit nachgewiesen ist.

Außerdem weiß jeder Glasbläser recht gut, wie sehr verschieden sich Röhren aus gleichem Glase vor der Lampe verhalten, wenn sie soeben aus der Glashütte kommen, oder wenn sie bereits jahrelang gestanden haben. Das Gefüge ist nicht mehr ein gleiches. Die Summe dieser Thatsachen läßt die Frage berechtigt erscheinen, ob das gehärtete Glas seine specifischen Eigenschaften immer behält, oder ob die Spannungserscheinungen durch wenig intensive, aber andauernde äußere Einwirkungen hinweggenommen werden können.

Das schon früher (dieses Jahrb. B. XIII, S. 356) erwähnte Verfahren zur Darstellung von Preßhartglas von F. Siemens in Dresden ist in Deutschland patentirt worden und wird über dasselbe Folgendes [1]) mitgetheilt.

Das Preßhartglas wird, wie de la Bastie's Hartglas und Pieper's Vulcanglas, durch plötzliche Abkühlung des bis zum Weichwerden oder zur Plasticität erhitzten Glases, jedoch nicht des bereits fertig gemachten Artikels, sondern derart durch Preßen hergestellt, daß die harten und kalten Flächen der Preßformen dem Glasartikel seine definitive Gestaltung und auch die nöthige plötzliche Abkühlung ertheilen. Es ist dies also nicht ein bloßes Härteverfahren, wie die andern eben erwähnten Erfindungen, sondern wesentlich auch ein Glasfabrikationsverfahren.

Es werden zu diesem Zwecke vorzugsweise eiserne und thönerne Formen angewendet, ähnlich wie solche bei der gewöhnlichen Preßglasfabrikation schon lange benutzt werden; auch der Mechanismus der Preßen kann ganz ähnlich sein. Die Preßformen müssen auf einer bestimmten Temperatur erhalten werden, welche den jedesmaligen physikalischen Eigenschaften des betreffenden Glases, sowie dessen Wandstärke entspricht. Daraus geht hervor, daß man unter Umständen auch Formen aus anderen Materialien mit anderm Wärmeleitungsvermögen anwenden muß, je nachdem das zu formende Glas einen höhern oder geringern Grad von Abkühlung verlangt.

In solchen Fällen, wo ein besonders starker Grad von

1) Deutsche Industriezeitung 1878 S. 307.

Abkühlung erforderlich ist, werden Formen mit starkem Wärmeleitungsvermögen, also aus Kupfer oder Kupferlegirungen, angewendet, im entgegengesetzten Falle aber Formen aus Thon und anderen Erd- und Steinarten, welche eine geringere Wärmeleitung verursachen. Im allgemeinen wird man aber mit Gußeisenformen, welche auf der Temperatur des kochenden oder warmen Wassers gehalten und Thonformen, welche womöglich ganz kühl gehalten werden, auskommen.

Je spröder das Glas ist, desto geringer muß die Abkühlung ausfallen; je weicher dasselbe, desto stärker muß das Abkühlungsverfahren eingeleitet werden. Glas von großer Wandstärke erfordert ein stärkeres Abkühlungsmittel als dünnes.

Wie schon erwähnt, wird das zu preßhärtende Glas nur bis zu dem Grade erhitzt, wo dasselbe anfängt weich zu werden, also plastisch ist. Die dazu erforderliche Temperatur ist aber je nach der Glassorte sehr verschieden. Sie beträgt bei ordinärem grünen Glase wohl über 1300° C., während Bleikrystallglas wohl kaum 800° C. verträgt. Der dazu erforderliche Anwärmeofen muß also auf der dem Glase entsprechenden Temperatur erhalten werden; es ist daher nur in wenigen Fällen möglich, denselben Ofen gleichzeitig für die Anwärmung verschiedener Glassorten zu verwenden. Das angewärmte Glas muß eine möglichst gleichmäßige Stärke besitzen, da, wie erwähnt, verschiedene Glasstärken auch verschiedene Intensität der Abkühlung verlangen. Es lassen sich daher am besten Glasplatten verwenden, welche entweder direct vom Anwärmeofen in die Form gelegt oder vorher in eine dem zu formenden Gegenstand einigermaßen ähnliche Form gebracht sind. Will man einen Artikel herstellen, welcher in der Stärke seiner Wandungen sehr verschieden ist, so muß man die Preßhärteform aus Materialien von verschiedenen Wärmeleitungsvermögen derart zusammensetzen, daß die dicken Glastheile energischer gekühlt werden, als die dünnen. Ebenso muß man verfahren, wenn man überfangenes Glas in Preßhartglasartikel umwandeln will, und die beiden verwendeten Glassorten, wie es gewöhnlich der Fall ist, verschieden zusammengesetzt sind, also auch verschiedene physikalische Eigenschaften besitzen. Es ist einleuchtend, daß in solchen Fällen bedeutende Schwierigkeiten zu überwinden sind.

Nicht in allen Fällen ist es nöthig, Halbfabricate oder halb fertig gemachte Waaren für die Preßhartformen zu verwenden, sondern es ist unter gewißen Umständen auch zweckmäßig, ganz fertige Waare diesem Verfahren zu unterwerfen. In besonderen Fällen ist es auch zuläßig, ohne Anwendung eines besondern Anwärmeofens die am Glasschmelzofen halbfertig gemachte Waare direct von der Pfeife des Glasmachers in die Preßform zu legen. Für die große Masse der herzustellenden Glasartikel wird man aber nicht umhin können, die Benutzung eines besondern Anwärmeofens, in welchem die vorher fertig oder halbfertig gemachten Waaren wieder bis zu dem nothwendigen Hitzegrad vorgewärmt werden, zur Anwendung zu bringen. Als Anwärmeofen kann man fast jeden gewöhnlichen Wärme- oder Temperofen benutzen, wie solche auf Glashütten allgemein angewendet und sehr verschiedenartig hergestellt werden können, doch ist es zweckmäßig, den Ofen mit Gas zu heizen, damit die Hitze möglichst gleichmäßig und gut regulirbar ist. Vor allen Dingen muß aber eine möglichst reine Flamme erzielt werden, weil die Oberfläche des Glases durch die Einwirkung einer Asche-, Staub- oder Kohlentheilchen führenden Flamme bei der angewendeten hohen Temperatur leiden würde.

Die Formgebung und Härtung von Tafel- und Spiegelglas, sowie von Gußplatten aller Art, lassen sich auf die beschriebene Weise besonders gut vornehmen. Da es schwierig ist, Preßhartglas zu schneiden und zu schleifen, dasselbe aber sehr politurfähig ist, so wird es nöthig, die erstere Operation vorher zu besorgen. Die Oberflächen roher Gußplatten werden durch das Preßhärteverfahren so sehr verbessert, daß es möglich wird, so gehärtete Gußplatten direct zu poliren. In diesem Falle würde also der kostspielige Proceß des Schleifens ganz in Wegfall kommen und es läßt sich überhaupt wohl annehmen, daß in Verbindung mit dem Preßhärteverfahren das Schleifen dieser Glassorten überhaupt in Wegfall, dagegen das Poliren sehr in Aufnahme kommen wird.

Eine Schwierigkeit besteht bei complicirt geformten Gegenständen darin, daß die Form des fertigen oder halbfertigen Glases beim Weichwerden im Anwärmeofen leicht so vollständig verloren geht, daß es dadurch zur Verwendung in der Preß-

härteform ungeeignet wird. Um diesen Uebelstand zu beseitigen, wird unter Umständen mit Vortheil ein besonderes Verfahren angewendet. Es dienen nämlich Formen aus dünnem Platinblech dazu, dem Glasartikel während der Erhitzung im Anwärmeofen und während der Manipulation des Herausnehmens aus demselben und Einlegen in die Preßform die äußere Gestaltung zu erhalten. Der betreffende fertige oder halbfertige Glasartikel wird mit der ihn stützenden Platinform in den Anwärmeofen gelegt, mit derselben bis auf die nothwendige Temperatur erhitzt und beide zusammen werden der Preßhärteform übergeben. Die Form aus Platinblech wird also mit jedem Glasartikel erwärmt und der plötzlichen Abkühlung mit unterworfen. Das reine Platinblech haftet in der Hitze weder am Glase, noch verdirbt es dessen Oberfläche, wie alle anderen Metalle unter ähnlichen Umständen thun würden; auch ist das Platinblech hinreichend biegsam, ein guter Wärmeleiter, hat denselben Ausdehnungscoëfficienten wie das Glas, und, was für diesen Zweck am allerwichtigsten ist, es verträgt, ohne zu reißen, die sich bei jeder Operation wiederholende starke und plötzlich eintretende Temperaturdifferenz.

Neuerdings zieht Siemens vor, die zu härtenden Glasgegenstände nicht direct mit den Flächen der zum Preßhärten verwendeten eisernen und anderen Formen in Berührung zu bringen, sondern eine andere poröse und nachgiebige Masse in der Gestalt eines dünnen Tuches oder Blattes zwischen die Flächen der Form und des Glaskörpers einzuschieben. Für diesen Zweck wird außer Papier vorzugsweise feines Metallgewebe angewendet, mit welchem die Preßformen an den Flächen, welche mit dem Glase in Berührung kommen sollen, bekleidet werden. Die dadurch erzielten Vortheile haben sich als sehr bedeutende herausgestellt und bestehen vorzugsweise darin, daß viel weniger Glasgegenstände bei und nach der Operation des Preßhärtens zerspringen und der Grad der Härtung ein sehr viel höherer wird.

Auch ein neues Schnellkühlverfahren für Glaswaaren hat sich F. Siemens laut Mittheilung der deutschen Industriezeitung[1]) in Deutschland patentiren lassen. Alle bisher

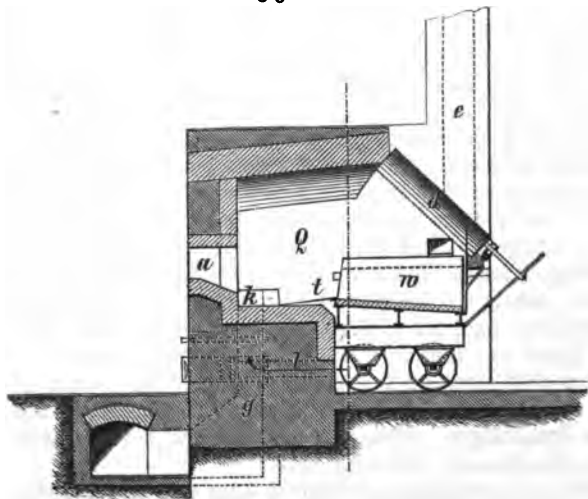
1) Deutsche Industriezeitung 1879 S. 251.

angewendeten Kühlverfahren für Glaswaaren leiden mehr oder weniger an dem Uebelstande, daß aus verschiedenen Gründen praktischer Art die Temperaturen der Kühlöfen, Töpfe oder Retorten niedriger gehalten werden, als erforderlich, um eine möglichst hohe Haltbarkeit der gekühlten Glasartikel erreichen zu können. Auch die zur Abkühlung erforderliche Zeit mußte allgemein ungebührlich lange ausgedehnt werden, um nur einigermaßen haltbare Waare zu erzielen.

Durch Versuche, welche sich sowohl auf die Glaskühlverfahren, wie auf die Glashärteverfahren beziehen, hat Siemens constatirt, daß beide Verfahren gleich bedeutend und nach gleichen Principien eingerichtet werden sollten. Es ergiebt sich der allgemeine Grundsatz: je höher die Temperatur des zu kühlenden oder zu härtenden Gegenstandes ist, desto schneller kann die Abkühlung erfolgen, vorausgesetzt, daß dieselbe gleichmäßig vor sich geht, und um so widerstandsfähiger gegen Stoß, Druck und Temperaturwechsel wird der gekühlte oder gehärtete Gegenstand. Diesem Grundsatze hat Siemens sein neues in Deutschland patentirtes Kühlverfahren möglichst angepaßt. Die Schwierigkeit liegt nur darin, dasselbe mit der erforderlichen Massenkühlung in Einklang zu bringen. Das vollkommenste Glaskühlverfahren müßte, wenn man den Kostenpunkt außer Acht lassen könnte, etwa derart betrieben werden, daß jeder einzelne Artikel besonders für sich gekühlt wird. Dies ließe sich etwa in der Weise herstellen, daß man die fertige Waare einzeln in einen bis zu dem nöthigen Grade erhitzten Ofen oder einen luftdichten Kühltopf derartig einhängt, daß dieselbe in keinem Punkte die Außenwand des Topfes berührt. Ein solcher Kühltopf liefert, sammt dem Glasgegenstand der gewöhnlichen Luftkühlung ausgesetzt, in etwa einer Stunde z. B. eine schwere Flasche vollkommen ausgekühlt, die durchaus keine Neigung zum Zerspringen zeigt und in Bezug auf Widerstandsfähigkeit dem wirklich gehärteten Glase nahekommt, weshalb Siemens dieses Verfahren auch mit dem Namen „Hartkühlung" bezeichnet. Nun ist aber ein derartiges Kühlverfahren allerdings nicht für eine Massenproduction geeignet. Den Versuchen, eine andere Einrichtung zu finden, welche annähernd dieselben Vortheile in Bezug auf Kühlung mit der Möglichkeit verbindet, Massenkühlung vorzunehmen, stand vor allem der Umstand entgegen, daß die Fla-

schen die Seitenwände und den Boden des Kühltopfes direct nicht berühren durften. Doch gelang es wenigstens bis auf einen gewissen Grad zu erreichen, daß mehrere Flaschen zusammen auf einen festen Boden gestellt werden konnten, und zwar dadurch, daß der Boden des vergrößerten Kühltopfes mit Sand oder anderm die Wärme schlecht leitenden Pulver bedeckt wurde, worauf dann die Flaschen gestellt wurden. Allerdings wurde in diesem Falle die Zeitdauer der Kühlung fast verdoppelt und die Widerstandsfähigkeit der Flaschen ward auch dem

Fig. 34.



entsprechend gemindert. Auf diese Resultate hin wurde das neue Kühlverfahren eingerichtet, welches vorzugsweise für continuirlich arbeitende Glasschmelzwannen bestimmt ist, jedoch auch für andere Glasöfen benutzt werden kann.

Siemens bringt hierbei beständig heiß erhaltene, mit eigenthümlich eingerichteten Kühlwagen versehene Wärmeöfen in Anwendung, deren Temperatur mindestens um 200° C. höher gehalten wird wie die der gewöhnlichen Kühlöfen. Diese Wärmeöfen sind, wie Fig. 34 zeigt, nach hinten zu ganz offen und

werden erst durch das Einbringen des Wagens w resp. durch den aufgeklappten, die Hinterwand des Ofens bildenden Deckel d des Wagens geschlossen. Der Ofen wird durch Gas geheizt, und dienen zu dem Zwecke die Gas- und Luftzuführungscanäle g und l und die aufsteigenden Brenncanäle k. Die Feuergase werden durch Füchse, welche in den Seitenwänden des Ofens münden, nach den seitlich der Oefen befindlichen Schornsteinen geführt. Die dem Ofen zugekehrte Seitenwand t des Wagens wird, wie aus Fig. 34 zu ersehen, niedergeklappt. Nachdem der in den Ofen geschobene Wagen gehörig angewärmt, wird derselbe durch die in der Vorderwand des Ofens befindliche Oeffnung a mit fertigen Flaschen oder dergleichen beschickt. Ist der mit Sand beschüttete Boden des Wagens ganz mit Flaschen besetzt, so wird die Blechwand t des Wagens aufgeklappt, der Deckel d desselben, dessen niedergebogener Rand die Wand t in ihrer vertikalen Stellung erhält, niedergelassen und der somit völlig geschlossene Wagen aus dem Ofen gestoßen um sogleich durch einen anderen leeren Wagen ersetzt zu werden. Da wo der Deckel d an die Seitenwände des Wagens, beziehentlich — solange er als hintere Ofenwand dient — an den Ofen sich anlegt, bewirken Sandverschlüsse die nöthige Dichtung. Damit der Inhalt des Wagens gleichmäßiger erkalte, sind die Seitenwände und der Deckel doppelwandig. Die beschickten, geschlossenen und vom Ofen weg gestoßenen Wagen werden einfach der Abkühlung an der Luft ausgesetzt. Sie können zugleich dazu dienen, das Glas nach allen Theilen der Fabrikanlage fortzuführen, wodurch viel Arbeit und Raum erspart, so wie Bruchverlust vermieden wird.

Bei dem beschriebenen Verfahren kann eine hohe Kühlofentemperatur angewendet werden, ohne daß ein Verziehen der Flaschen ꝛc. stattfindet, da dieselben nur in einer Schicht aufrecht gestellt werden und nur verhältnißmäßig kurze Zeit in der Hitze zu verweilen haben. Bei der Gleichmäßigkeit der Abkühlung und der hohen Anfangstemperatur darf die Abkühlung nach Siemens rasch vor sich gehen und wird infolge dessen die Haltbarkeit der Waare außerordentlich erhöht. Die Abkühlung erfolgt sehr schnell, so daß die Flaschen 2 bis 4 Stunden, nachdem sie angefertigt sind, bereits zum Versandt gelangen können. Dadurch wird zugleich die Controle der fa=

bricirten Waaren sehr erleichtert; denn nach dem gewöhnlichen Kühlverfahren können dieselben erst nach 3 bis 4 Tagen durchgesehen werden und sind folglich rechtzeitige Aenderungen bei vorgekommener fehlerhafter Herstellung unmöglich.

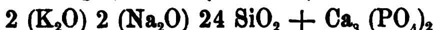
Ueber das Topasglas bringt A. A. Stender[1]) folgende Mittheilungen. In neuerer Zeit kommt ein eigenthümlich gefärbtes Glas in den Handel, welches seiner physikalischen Eigenschaft wegen die Beachtung der Chemiker, Pharmaceuten und aller Techniker verdient, die mit lichtempfindlichen Chemikalien zu thun haben. Dieses Glas von tiefbernsteingelber Färbung in der Glasmasse, ist klar und durchsichtig, trotzdem absorbirt dasselbe alles chemisch wirksame Licht, was bei dem seither zu diesem Zwecke angewandten schwarzen Glase, dem sogenannten Hyalithglase nicht immer der Fall ist. Vielfache Beobachtungen haben dargethan, daß das scheinbar undurchsichtige Hyalithglas nicht immer völlig undurchsichtig ist; die durchgehenden violetten Lichtstrahlen aber sind bekanntlich lichtempfindlichen Chemikalien nichts weniger als vortheilhaft. Anders ist dies bei dem sogenannten Topasglase. Sobald dieses Glas die nöthige gesättigte, tieftopasgelbe Färbung in der Durchsicht zeigt, darf man ruhig die lichtempfindlichsten Chemikalien darin aufbewahren, ohne daß man zu befürchten hat, daß die durchfallenden gelben Lichtstrahlen verändernd auf die Chemikalien einwirken.

Durch Versuche mit Topasglas, welches die Glashüttenverwaltung der H. F. L. Stender'schen Glasfabrik in Lamspringe zur Verfügung stellte, wurde constatirt, daß dasselbe die chemisch wirksamen Lichtstrahlen vollständig absorbirt. Der große Werth, die Anwendbarkeit des Topasglases zu chemischen, photographischen und pharmaceutischen Zwecken ergiebt sich aus dem Vorstehenden von selbst. Zu chemischeu und pharmaceutischen Standgefäßen für lichtempfindliche Substanzen ist das Topasglas, abgesehen von seiner zuverlässigen anactinischen Eigenschaft, schon aus dem Grunde angenehmer im Gebrauche als schwarzes Glas, weil man bei ersterem den Inhalt sieht, auch das Glas auf Reinheit besser controliren kann, als dies bei

1) A. A. Stender, Sprechsaal 1878 Nr. 17 S. 154; Wagner's Jahresbericht 1879 S. 595.

dem undurchsichtigen Hyalithglase möglich ist. Bei Glasapparaten und Glasrequisiten aus Topasglas ist es dem Chemiker ermöglicht, Operationen in vollem Tageslichte vorzunehmen, die sonst Lichtabschluß des Lokales nöthig machten. Der Photograph soll, wenn er die Fenster seiner Dunkelkammer mit Topasglas verglasen läßt, seine sonst in dunklem Raume bei unzureichendem Lichte auszuführenden Operationen bei ausreichendem, wenn auch topasgelbeu Tageslichte ausführen können.

Beinglas und bunte Gläser. — Ein mit Chiffre gezeichneter Artikel des Sprechsaal[1]) (31) empfahl, die Composition des Beinglases annähernd nach der Formel



$$2\,(K_2O)\;2\,(Na_2O)\;24\;SiO_2 + Ca_3\,(PO_4)_2$$

(also: Sand 72 Kg., Potasche 15 Kg., Soda 11 Kg., geglühter Guano 18 Kg., Kalisalpeter 3 Kg., Mennige 1 Kg.) vorzunehmen. Für gefärbte derartige Gläser, die in gedeckten Häfen zu schmelzen sind, giebt er die nachstehenden Vorschriften für Zusätze zum obigen Gemenge. Aurorafarbig: Lösung von zwei ungarischen Dukaten und 1/3 Kg. Zinnsalz, sowie 1 Kg. Arsenik; Strohgelb: 1 1/3 Kg. Uranoxydnatron und 4 Kg. Antimonoxyd; Himmelblau: im Gemenge sind 3 Kg. Potasche durch 4 Kg. Kalisalpeter zu ersetzen, und zuzugeben 0,8 Kg. Kupferoxyd; Seladongrün: 0,7 Kg. Kupferoxyd und 0,3 Kg. Uranoxydnatron; Moosgrün: 1,2 Kg. Kaliumbichromat und 3,6 Kg. Antimonoxyd; Saftgrün: 0,7 Kg. Kupferoxyd, 0,2 Kg. Kaliumbichromat und 0,1 Kg. Eisenoxyd. —

Irisirendes Glas[2]) wird nach dem englischen Patent von Th. W. Webb in folgender Weise hergestellt:

Zinnchlorid (Zinnsalz) wird in einem Ofen zum Glühen erhitzt, bis es zu verdampfen beginnt; das Glas nimmt diese Dämpfe an und bedeckt sich rasch mit einem irisirenden Ueberzug. Um tiefere Farbentöne hervorzubringen, setzt man dem Zinnsalz geringe Mengen von Baryum- und Strontiumnitrat hinzu. Das Glas wird hierbei nicht angewärmt, sondern das Farbenspiel wird hervorgerufen, während der Gegenstand sich noch in den Händen des Bläsers am Hefteisen befindet.

1) Vergl. Zeitschrift f. d. chem. Großgewerbe 1879 S. 38.
2) Deutsche Industriezeitung 1878 Nr. 37. S. 377.

Magnesium.

Chlormagnesium findet neuerdings[1]) zur Bereitung einer Füllmasse für Gasuhren und Gasbehälter Verwendung. Die von den vereinigten chemischen Fabriken in Leopoldshall-Staßfurt in den Handel gebrachte Füllmasse (Patent Brünjes und Jacobsohn) besteht im Wesentlichen aus einer neutralen Lösung von Chlormagnesium. Von mehreren Seiten wird bestätigt, daß die ein spec. Gewicht von 1,20 besitzende Lauge bei etwa halbjähriger Verwendung in der Gasuhr sich bewährte, da sie ein Nachfüllen der Uhr entbehrlich machte, bei 10° nicht gefror, das Metall der Gasuhrtrommel nicht angriff, überhaupt während des Gebrauches eine unwesentliche Veränderung nur insofern erlitt, als sie aus dem Gase eine geringe Menge Ammoniak absorbirte.

Enthält das Leuchtgas nicht unbeachtenswerthe Mengen von Ammoniak, so giebt letzteres allerdings wie W. Göbel[2]) bereits beobachtet hat, zur Bildung von Chlormagnesium und Chlorammonium und gleichzeitig zur Ausscheidung von Magnesiahydrat Veranlassung, welches begreiflicher Weise mit der Zeit störend auf den Gang der Gasuhr wirken muß. Die Anwendung des Chlormagnesiums zum Füllen der Gasuhren setzt also voraus, daß das Gas vollständig von Ammoniak befreit sei.

Eine weitere Anwendung des Chlormagnesiums, nämlich zum Entkletten oder Carbonisiren der Wolle hat sich A. Frank in Deutschland patentiren lassen (D. R. P. Nr. 2301 von 9. December 1877). Bekanntlich unterwirft man Wolle, wollne Tücher, Lumpen 2c., um ihnen beigemente pflanzliche Stoffe, (Kletten, Baumwollenfasern und dergl.) zu zerstören, dem sogenannten Carbonisiren, das ist einer Behandlung mit Säure (flüssiger Schwefelsäure, Salzsäuregas), welche wohl die Pflanzenstoffe, nicht aber die thierische Wollfaser angreift, resp. zerstört. Nachdem bereits Jolly[3]) in Elboeuf das Chloraluminium zu gleichem Zwecke mit Erfolg in Anwendung gebracht, lag es nahe, auch die Verwendbarkeit des Chlormag-

1) Deutsche Industriezeitung 1879 S. 26.
2) Dingl. pol. Journ. 1879 Bd. 231 S. 240 u. Bd. 232 S. 279.
3) Dies. 1877 Bd. 226 S. 328.

nesiums zu prüfen, da wohl anzunehmen ist, daß die Wirkung des Chloraluminiums auf der in höherer Temperatur eintretenden Zersetzung desselben und der mit dieser verbundenen Salzsäureentwicklung beruht, und da das Chlormagnesium in höherer Temperatur eine gleiche Zersetzung erleidet. Nach Frank[1]) wird die Wolle in einer Lösung von Chlormagnesium von 1,07 bis 1,10 spec. Gewicht eingeweicht, dann ausgerungen, oder ausgeschleudert und getrocknet. Hierauf gelangt die Wolle in einen auf 100 bis 130° C. geheizten Carbonisirungsraum und verbleibt hier solange (50 bis 90 Minuten) bis sich die Carbonisation unter dem Einflusse der frei werdenden Salzsäure vollzogen hat. Zuletzt wird in reinem Wasser gewaschen.

Calcium.

Ueber die Zusammensetzung des Calciums. — Capell[2]) hat Calcite von verschiedenen Fundorten in Salpetersäure in gleichen Mengen gelöst und nach der Vierordt'schen Methode die relativen Helligkeiten der Ca-Linie verglichen, wenn auf die Lösungen derselben Inductionsfunken schlugen.

Setzt man die bei carrarischem Marmor auftretende Helligkeit = 1, so war sie bei Ober-Silurkalk von Koniepruś (Böhmen) 1,120; desgl. von Bohrada (Böhmen) 1,015; Oberdevonischer Kalkstein von Dillenburg ergab 1,039; Bergkalk von Ratingen 1,08; Muschelkalk von Erkerode bei Braunschweig 0,833; Korallenkalk von Euville (Oberer Jura) 0,964; Oberer Jurakalk von Schlath (in Württemberg) 0,875; Kreide von Meudon 0,902; Obertertiärer Kalkstein von St. Ouen bei Paris 0,704; Körniger Lagerkalk von Langenberg 0,839; desgl. von Aschaffenburg 0,694.

Es zeigt sich mit zunehmendem Alter ein Wachsen der Lichtstärke. Weiter findet der Verfasser, daß, wenn die Winkel der Grundrhomboëder verschiedener Calcite zunehmen, die Lichtstärke der δ-Linie bei ihnen abnimmt.

Aus diesen Beobachtungen glaubt der Verfasser den Schluß ziehen zu müssen, daß zunächst die von den metallischen Spectral-

1) Dingl. pol. Journ. 1878 Bd. 230 S. 340.

2) Naturforscher XII. S. 29—30. 1879. Beibl. zu den Ann. d. Physik u. Chemie 1879 Bd. 3 S. 194.

linien des Calciums am meisten charakteristische Linie (δ) allein einen elementaren Körper repräsentirt, der in den Calcium enthaltenden Körpern in sehr verschiedener Menge zugegen ist, daß aber das, was von dieser Linie gilt, nothwendigerweise auch von den andern Linien des Calciums gelten muß, da die abnehmende Lichtstärke der einen nothwendig die Zunahme der Lichtstärke bei anderen Linien bedingt. Diesen Schluß erweitert der Verfasser noch dahin, daß die Zahl der Elemente so groß wie die der metallischen Linien sei, und daß jeder Körper in seinem elementaren Zustande nur durch eine Spectrallinie repräsentirt wird. (Vergl. Lockyer's Untersuchungen S. 170—184 dieses Bandes.)

Strontium.

Kohlensaurer Strontian läßt sich nach H. Grüneberg[1]) (Deutsches Reichspatent No. 1995. v. 1. Januar 1878) leicht aus gepulvertem Cölestin oder gefälltem Strontiumsulfat darstellen, indem man das Sulfat mit der aequivalenten Menge Magnesit naß mengt und dann erwärmt. Die Umsetzung in Strontiumcarbonat und Magnesiumsulfat, welches ausgewaschen wird, soll glatt vor sich gehen.

Aluminium.

Bauxit ist zufolge einer Mittheilung von C. Bischof[2]) auch in Deutschland aufgefunden worden und zwar bei dem Dorfe Mühlbach in der Nähe von Hadamar in Hessen-Nassau. Dieser nassauische Bauxit, welcher aus wallnuß- bis eigroßen, theils dichten leberartigen und theils feinlöcherichen, mitunter abgerundeten Rollstücken besteht, enthält nach einer Analyse von C. Holthof neben 32.5 Proc. Thonerde 6,7 Proc. Kieselsäure, 38,0 Proc. Eisenoxyd und 20 Proc. Wasser. Da der gefundene Gehalt an Kieselsäure im Verhältniß zu dem an Thonerde ein ziemlich hoher ist (1 : 4,9), erschien das Product als ein Bauxit von geringerer Qualität. Neuerdings hat indessen A. Retzlaff Bauxitproben von demselben Fundort untersucht und dieselben wie folgt zusammengesetzt gefunden.[3])

1) Dingl. pol. Journ. 1878 Bd. 230 S. 451.
2) Das. Bd. 228 S. 93. 3) Das. Bd. 229 S. 274.

	a	b
Thonerde	45,8	55,6
Kieselsäure	6,4	4,4
Eisenoxyd	19,0	7,2
Kalk	0,5	0,4
Glühverlust	27,6	32,3
	99,3	99,9

Bei dem durch diese Analysen nachgewiesenen Verhältnisse von Kieselsäure zu Thonerde (1 : 7 und 1 : 12,5) würde dieser Bauxit hinsichtlich seiner Verwendbarkeit in der Thonerdeindustrie zu den besten Qualitäten gehören.

Mit der Herstellung künstlichen Korundes und künstlicher Rubine und Saphire haben sich Fremy und Feil[1]) beschäftigt, und zwar gelang es ihnen, die genannten Produkte in solchen Massen zu gewinnen, daß sie eine gewerbliche Benutzung (z. B. in der Uhrmacher- und Steinschneidekunst) gestatten. Die angewendeten Methoden scheinen auch auf die künstliche Erzeugung anderer Mineralien anwendbar zu sein. Fremy und Feil haben ihre Versuche, die oft mit 20 bis 30 Kilogrm. bei den höchsten bis zu 20 Tagen ununterbrochen anhaltenden Hitzegraden ausgeführt wurden, zum Theil in der Glashütte Feils, zum Theil in der Hütte zu St. Gobain angestellt. Die größte Menge krystallisirter Thonerde haben sie in folgender Weise erhalten. Sie bilden zunächst ein schmelzbares Aluminat und erhitzen es mit einer kieselsäurehaltigen Substanz zu lebhafter Rothglut. Unter diesen Umständen wird die Thonerde nach und nach aus ihrem Salz verdrängt und krystallisirt. Es eignen sich mehrere Aluminate zu diesen Zersetzungen; die besten Resultate hat bis jetzt das Bleialuminat ergeben. Wenn man ein Gemisch gleicher Theile Thonerde und Mennige in einem Tiegel von feuerfestem Thon hinreichend lange zur hellen Rothglut erhitzt, so findet man nach dem Erkalten in dem Tiegel zwei verschiedene Schichten; die eine ist glasig und besteht hauptsächlich aus kieselsaurem Blei, die andere ist krystallinisch und zeigt häufig Hohlräume, die mit schönen Krystallen von Thonerde erfüllt sind. Bei dieser Operation wirken die Tiegelwände durch die Kieselsäure, welche sie enthalten; sie haben

1) Wagners Jahresbericht 1878 S. 513.

stets in ihrer Dicke abgenommen und sind oft durch die Einwirkung des Bleioxyds durchbohrt. Um den Verlust des Products zu vermeiden, arbeitet man daher besser in einem doppelten Tiegel.

Der eben beschriebene Versuch liefert weiße Krystalle von Korund.

Will man Krystalle von der Rosafarbe des Rubins erhalten, so fügt man dem Gemenge von Thonerde und Mennige 2 bis 3 Proc. Kaliumbichromat hinzu. Die blaue Färbung des Saphirs wird hervorgebracht durch Anwendung einer geringen Menge Kobaltoxyd, die mit einer Spur Kaliumbichromat gemischt ist. Die auf diese Weise erhaltenen Rubinkrystalle sind gewöhnlich mit kieselsaurem Blei bedeckt, welches auf verschiedene Weise entfernt werden kann, so durch die Einwirkung geschmolzenen Bleioxyds oder durch Fluorwasserstoffsäure, oder durch schmelzendes Kaliumhydrat oder durch anhaltendes Glühen im Wasserstoffstrom und dann durch Einwirkung von Alkalien und Säuren. Aber oft findet man darin auch Krystalle, welche fast rein sind und dann alle Eigenschaften des natürlichen Korunds und Rubins zeigen, sie haben dieselbe Zusammensetzung, den diamantartigen Glanz, die Härte, Dichtigkeit und krystallinische Form.

Auch wenn ein Gemisch gleicher Theile Thonerde und Fluorbarium, welchen 2 bis 3 Hundertel Kaliumbichromat hinzugefügt waren, lange Zeit hindurch in einem Thontiegel auf eine sehr hohe Temperatur erhitzt wurde, erhielten Fremy uud Feil Rubinkrystalle, welche durch die Regelmäßigkeit ihrer Formen und ihre schöne rosa Färbung höchst ausgezeichnet waren. Zugleich traten farblose lange prismatische Krystalle auf, welche aus einem Doppelsilicat von Barium und Aluminium bestanden.

Ultramarin. — Nach einer Angabe von Reinhold Hoffmann[1]) beläuft sich die Produktion an Ultramarin in Deutschland auf jährlich 6,580,000 Kilogramm, wozu 3,290,000 Kilo Soda verbraucht werden. Nach J. F. Plicque betrug die Ultramarinproduction in Europa im Jahre 1878 mehr als 10 Millionen Kilogr., wovon 2½ Millionen Kilogr. auf

1) Wagners Jahresbericht 1878 S. 499.

Frankreich kamen. Aus vorstehenden Zahlen ergiebt sich die hohe Bedeutung, welche die Fabrikation des Ultramarins insbesondere für Deutschland hat; und da diesem interessanten Producte in diesem Jahrbuche bisher noch wenig Beachtung zu Theil geworden ist, wollen wir versuchen, das Wichtigste von dem hervorzuheben, was zur Erweiterung unserer Kenntniß dieses Körpers im Laufe der letzten Jahre veröffentlicht worden ist.

Dr. Reinhold Hoffmann[1]), Director der Ultramarinfabrik zu Mansenberg bei Bensheim, hebt in seinem gelegentlich der Wiener Weltausstellung erstatteten Berichte über die Entwicklung der Ultramarinfabrikation zwei Richtungen der Darstellungsweise des Ultramarins hervor, welche als die des kieselarmen und des kieselreichen Ultramarins bezeichnet werden. Er charakterisirt dieselben kurz wie folgt:

Kieselarmes Ultramarin (ausgezeichnet durch hellen, reinblauen Farbenton und leichte Zersetzlichkeit durch Alaunlösung) wird dargestellt, indem reiner Thon mit Glaubersalz und Kohle, oder auch mit Soda, Schwefel und Kohle, oder auch mit einer entsprechenden Mischung aus beiden Natronsalzen, dem sogenannten Rohbrennen des Ultramarins unterworfen wird. An Stelle der Kohle werden zweckmäßig auch andere Reductionsmittel angewendet, namentlich Colophonium oder Schwarzpech. Das erste Rohproduct ist grün gefärbt und aus demselben können durch Aussortiren und weitere Bearbeitung die im Handel üblichen grünen Ultramarinsorten gewonnen werden. Blaues Ultramarin entsteht durch das sogenannte Feinbrennen[2]) des grünen Ultramarins ohne vorausgegangenes Aussortiren. Die zahlreichen Handelssorten werden erst durch nachfolgendes Mahlen auf Naßmühlen, Abschlämmen u. s. f. aus dem blaugebrannten Ultramarin dargestellt, indem hiermit auch wohl ein nachträgliches Aussortiren verbunden wird. Zur Gruppe der kieselarmen Ultramarinverbindungen gehört noch das seit längerer Zeit bekannte (von Ritter beschriebene) soge-

---

1) Amtlicher Bericht über die Wiener Weltausstellung, Bd. 3, Abtheilung 2, S. 678.

2) Beim Feinbrennen wird das durch den Rohbrand erhaltene Product in der Regel auf geschlossenen Heerden unter Zusatz von Schwefel einer Röstung unterworfen.

nannte weiße Ultramarin, dessen Entstehung der Bildung des grünen Ultramarins beim Rohbrennen regelmäßig vorausgeht. Beim Erkalten geht es jedoch meistens in grünes Ultramarin über und wird dadurch der Beobachtung leicht entzogen.

Für kieselreiches Ultramarin erhält der Thon einen Zusatz von Kieselerde, sei es durch Auswahl kieselreicher Thonsorten, oder durch Zugabe von naßgemahlenem Quarzsand oder von Infusorienerde. Letztere war früher nicht ganz leicht in genügender Reinheit zu erhalten, kommt aber jetzt als geschlämmtes Product allgemein im Handel vor und ist in neuerer Zeit für oben genannten Zweck sehr beliebt geworden. Als Natronsalz wird vorzugsweise Soda verwendet, welche indessen zum Theil auch durch Glaubersalz ersetzt werden kann. Zur vollständigen Mischung der nöthigen Materialien gehört dann noch Schwefel und Colophonium. Kohle als Reductionsmittel ist hier wohl allgemein schon seit geraumer Zeit verlassen worden. Beim Rohbrennen erhält man sogleich rohes, blaues Ultramarin, dessen weitere mechanische Bearbeitung im Wesentlichen dieselbe ist, wie bei dem durch das Feinbrennen erhaltenen kieselarmen Blau. Je nach der Menge der zugesetzten Kieselerde nimmt der röthliche Farbenton und die Widerstandsfähigkeit des Productes gegen Alaunlösung zu. Bezüglich der letzteren Eigenschaft sind indessen auch physikalische Eigenschaften des verwendeten Thons, namentlich eine gewisse Dichtheit desselben, von Einfluß. In neuester Zeit sind aus der Gruppe des kieselreichen Ultramarins Verbindungen von violetter, rother und gelber Farbe bekannt geworden, die weiter unten speciellere Besprechung finden werden.

In dem letzten Jahrzehnt, sagt R. Hoffmann a. a. O., sind die hier beschriebenen Grundlagen der Fabrikationsmethoden ebenso unverändert geblieben, als die früher bekannten Ofensysteme. Tiegelöfen werden vorzugsweise für kieselarmes, Muffelöfen für kieselreiches Ultramarin angewendet. Allgemeine und wesentliche Fortschritte wurden aber in der Handhabung und in den Einzelnheiten der alten Methoden gemacht, so daß jetzt diejenigen minderwerthigen Ultramarinsorten, welche auf fehlerhafte Auswahl der Materialien und auf fehlerhafte Durchführung des Glühproceßes zurückzuführen sind, wohl von allen Fabriken in viel kleinerer Menge als früher erhalten, von

einzelnen sogar ganz vermieden werden. Dieser Fortschritt bildet für manche Fabriken ein wirksames Gegengewicht gegen das fortwährende Fallen der Ultramarinpreise bei gleichzeitigem Steigen der Preise der Materialien und Arbeitslöhne. Hierin lag zugleich noch eine Aufforderung zur Verbesserung des mechanischen Theils der Fabrikation, indem Dampfanlagen, Mühlwerke, Trockeneinrichtungen u. s. f. vervollkommnet, Maschinenarbeit vielfach an Stelle der Handarbeit gesetzt und der ganze Betrieb mehr und mehr zur Großindustrie ausgebildet wurde.

Als fortwährende Schwäche der Fabrikation bezeichnet es Hoffmann, daß der Aufwand für Natronsalze und Schwefel noch außer allem Verhältniß zu der bei der Ultramarinbildung wirklich verbrauchten Menge dieser Materialien steht. Während für 100 Gewichtstheile Ultramarin nur ungefähr 34 Gewichtstheile kohlensaures Natrium und höchstens 15 Gewichtstheile Schwefel wirklich verbraucht werden, müssen in der Fabrikation bis zu 60 Gewichtstheilen Soda und ebensoviel Schwefel verwendet werden, um 100 Gewichtstheile Ultramarin zu erhalten. Der Schwefel verdampft zum größten Theil in den Oefen, und verbrennt zu schwefliger Säure und geht verloren, der Ueberschuß von Soda bleibt zwar der Hauptmenge nach als schwefelsaures Natrium dem Rohultramarin beigemengt, wird aber nur von wenigen Fabriken wieder gewonnen; die meisten geben auch dieses Material ganz verloren; ein kleinerer Theil der Sodasalze mag auch durch Verdampfen in den Oefen verloren gehen. Diese anscheinende Rohheit des Verfahrens ist hauptsächlich auf die praktische Unmöglichkeit zurückzuführen, luftdichte Glühgefäße von sonst geeigneter Beschaffenheit herzustellen.

Aehnliche Schwächen herrschen auch sonst noch mehr in der Industrie, als allgemein bekannt ist, und werden wohl niemals ganz vermieden werden können.

Auch nach der Wiener Ausstellung scheinen sich die Fortschritte der Fabrikation nur innerhalb der von Hoffmann angegebenen Grenzen bewegt zu haben.

Die Frage nach der chemischen Constitution des Ultramarins harrt noch immer der endgiltigen Beantwortung, doch ist diese hochinteressante Frage in den letzten Jahren vielfach

Gegenstand sorgfältiger Erörterungen gewesen und sind durch diese sehr wesentliche Schritte zur Klarlegung der bei der Ultramarinfabrikation statthabenden Vorgänge und zur Constatirung des in dem Ultramarin enthaltenen, färbenden Princips gethan worden. Jul. Philipp[1]), E. Böttinger[2]), Knapp und Ebell[3]), Arth. Lehmann[4]), R. Hoffmann[5]), Rickmann[6]) und Andere (vergleiche die verschiedenen Jahrgänge von Wagner's Jahresbericht) haben sich in letzter Zeit mit der Untersuchung des Ultramarins befaßt. Wir entnehmen den Publicationen derselben folgende wichtige Momente.

Daß die Constitution des Ultramarins solange ein dunkler Punkt bleiben konnte, ist wohl namentlich dem Umstande zuzuschreiben, daß man dieselbe hauptsächlich auf dem Wege der chemischen Analyse zu ermitteln suchte. Da indessen das Ultramarinblau neben dem eigentlichen färbenden Princip ohne Zweifel noch andere, zur Färbung nicht beitragende, und in ihrer Menge variirende Bestandtheile enthält, so ist begreiflich, daß die Analyse allein dem gewünschten Aufschluß nicht zu liefern vermag. In Erkenntniß dessen hat man andere Wege zu Hülfe genommen.

Die Darstellung des Ultramarinblaues zerfällt jederzeit in zwei verschiedene Vorgänge, nämlich in die Bildung des rohen Glühproductes, der sogenannten Ultramarinmutter, einerseits, und die Umwandlung derselben in Blau, das Blaubrennen, andrerseits, wenngleich man beide Vorgänge bald getrennt, bald in einer Operation verlaufen läßt. Es galt daher zu ermitteln ob, beziehentlich innerhalb welcher Grenzen die Zusammensetzung des rohen Glühproductes, der Ultramarinmutter, variiren kann, ohne daß dieselbe ihrer Eigenschaft, beim Blaubrennen ein gutes Blau zu liefern, verlustig geht. Sowohl Böttinger als Knapp und Ebell haben diese Frage auf experimentellen Wege zu beantworten gesucht, indem sie die relativen

1) Ber. d. deutschen chem. Ges. 1876 Bd. IX S. 1109 u. 1877 Bd. X S. 1227.

2) Ann. d. Chemie u. Pharm. Bd. 182 S. 305.

3) Dingl. pol. Journ. 1878 Bd. 229 S. 69 u. 173.

4) Wagners Jahresbericht 1878 S. 484.

5) Liebigs Ann. der Chemie 1878 Bd. 194 S. 1.

6) Ber. d. deutschen chem. Ges. 1878 Bd. XI S. 2013 u. Dingl. pol. Journ. 1879 Bd. 231 S. 365 u. Bd. 232 S. 164.

Mengen der Bestandtheile des Satzes variirten, welcher beim Rohbrande in Anwendung kommt.

Als ein bewährter Satz gilt die von Gentele angegebene Mischung:

Kaolin	Soda	Schwefel	Kohle
100	100	60	12 Gew.-Th.

Ein solcher Satz giebt nach inniger Mischung der auf das Feinste zertheilten Materialien bei fünfstündigen Erhitzen bis zur kaum beginnenden Sinterung reichenden Temperatur (lebhafte Rothgluth) ein Product, das dem ersten Rohproducte der Fabriken in Ansehen und Beschaffenheit durchaus gleicht. Unter der obersten, mäßig starken, intensiv blauen Schicht folgt (nach Knapp und Ebell's Beschreibung) eine blaugrüne, ins reine Grün gehende; dagegen ist die darunter befindliche eigentliche Masse des Glühproductes bis zum Boden des Tiegels von einer gebrochenen, rothen Farbe. Diese letztere, rothe Masse hinterläßt nach dem Auswaschen eine weißgraue Masse — das bekannte weiße Ultramarin von Ritter — und nimmt beim Rösten (Blaubrennen) eine tiefblaue Farbe und einen Stich ins Purpurne an.

In obigem Satze wurde nun bei den Versuchen von Knapp und Ebell successive der Kaolinzusatz, dann der Sodazusatzt rc. variirt, auch wurde der Kaolin durch Gemenge von Quarz und Thonerde ersetzt, und wurden die beim Rohbrande resultirenden Producte auf ihre Ueberführbarkeit in Blau geprüft.

Ohne auf die einzelnen, sehr zahlreichen Versuche specieller einzugehen, sei bemerkt, daß die Gemengtheile des Satzes innerhalb ziemlich weiter Grenzen variirt werden konnten, ohne daß das Glühproduct seiner Ueberführbarkeit in Blau verlustig ging, vorausgesetzt, daß die Kieselsäure und die Thonerde (in welcher Form sie auch angewendet sein mochten) durch das Alkali aufgeschlossen waren und daß die Masse im Feuer Neigung zur Erweichung nicht gezeigt hatte, also nicht schlackenartig zusammengesintert war. Erst mit der eintretenden Leichtflüssigkeit des Gemisches, die durch ein bedeutendes Hinabdrücken des Kaolinzusatzes wie auch durch ein beträchtliches Erhöhen des Kieselsäure- oder des Schwefelzusatzes herbeigeführt wurde, ward der Fähigkeit des Glühproductes, ein Blau zu geben, eine Grenze

gesetzt. Mischungen ohne allen Zusatz von Kieselsäure, aus bloßer Thonerde mit Soda und Schwefel, neigen (wie die mit bloßer Kieselsäure) stark zur dichten Sinterung, sie versetzen den Arbeitenden von vornherein in die Alternative entweder ein zu dichtes oder ein nicht hinreichend feuergares Product zu erzeugen [1]). Es kann daher nach Knapp und Ebell kein Zweifel darüber bestehen, daß die lose, lockere, poröse Beschaffenheit des Glühproductes eine unerläßliche Bedingung für die Entwicklung der blauen Farbe ist. Schon in dieser Beziehung allein ist die gleichzeitige Anwesenheit von Thonerde und Kieselsäure in der Mischung vorzüglich geeignet; denn sie giebt dem Glühproduct gerade diejenige Strengflüssigkeit, welche eben nur den losesten Zusammenhang der Theile und damit die allseitige und eindringende Wirkung der Agentien zum Entwickeln des Blau zuläßt. Auch Böttinger kommt auf Grund seiner Versuche zu dem Schluß, daß ein constantes Verhältniß von Kieselsäure zur Thonerde nicht erforderlich ist. Die Nothwendigkeit, nicht blos die Schmelzung sondern jede nur entschiedener auftretende Sinterung zu vermeiden, bezeichnet zugleich nach Knapp und Ebell die für die Bildung der Muttersubstanz zulässige Temperatur; sie erklärt aber auch die unerlässliche Dauer des Glühprocesses von mehreren Stunden (insofern die Bestandtheile der Mischung zum überwiegenden Mehrbetrag trocken aufeinander wirken) ebenso das große Gewicht, welches man auf die feine Zertheilung und die innige Mischung zu legen hat.

Was nun die chemischen Vorgänge, während des Rohbrennens anbelangt, so ist unzweifelhaft, daß ein Theil des Natrons der Soda aufschließend auf den Kaolin wirkt, es mag also ein (durch Säuren zersetzbares) Thonerde-Natronsilikat entstehen, während ein anderer Theil des Natron mit dem Schwefel Schwefelnatrium und zugleich mit sauerstoffhaltigen Säuren des Schwefels Salze bildet. Letztere werden durch die anwesende Kohle (oder das Colophonium) zum größten Theil, aber nie ganz

---

1) Alle Versuche ohne Anwendung von Kieselsäure oder Thonerde Ultramarin zu erhalten, sind bis jetzt ohne Erfolg geblieben. Rickmann, welcher ein aluminiumfreies Ultramarinblau dargestellt zu haben glaubte, überzeugte sich nachträglich von einem Thonerdengehalt desselben (vergl. Dingl. pol. Journ. 1879 Bd. 232 S. 168).

vollständig reducirt, und sind der Ultramarinmutter auch durch Wasser nicht vollständig zu entziehen. Diese Sauerstoffverbindungen wurden früher als zur Constitution gehörig betrachtet, Lehmann hält auch in seiner neuesten, oben citirten Abhandlung an dieser Ansicht fest. Allein der Umstand, daß die Ultramarinmutter weder durch fortgesetztes Auswaschen mit Wasser noch durch einen bei ihrer Bereitung angewendeten großen Ueberschuß an Colophonium- und Kohleüberschuß an Fähigkeit, Blau zu liefern, verliert, hat die Mehrzahl der Chemiker zu der Ueberzeugung gebracht, daß die Sauerstoffverbindungen des Schwefels nur zufällige, unwesentliche, nicht aber integrirende Bestandtheile der Ultramarimutter wie des Ultramarinblaus sind.

Die Frage ob während des Rohbrennens Schwefelsilicium oder, wie Stein annahm, (vergl. dieses Jahrb. 1872 Bd. VIII, S. 309) Schwefelaluminium gebildet werde, verneinen Knapp und Ebell und ist das Auftreten dieser Verbindungen im Ultramarin bei der geringen Neigung des Siliciums und Aluminiums sich mit Schwefel zu verbinden und bei der Zersetzbarkeit der Schwefelverbindungen dieser Elemente durch Wasser allerdings kaum annehmbar; doch wäre wohl kaum lediglich im Hinblick auf das Verhalten des freien Schwefelsiliciums a priori zu behaupten, daß auch nicht Silikate in denen der Sauerstoff theilweise durch Schwefel ersetzt ist (siehe weiter unten), entstehen und eine größere Beständigkeit zeigen könnten.

Welche Schwefelungsstufe des Natriums in der Muttersubstanz, resp. in dem Weiß, Grün und Blau enthalten ist, darüber gehen die Ansichten auseinander. Beim Behandeln mit Salzsäure entwickeln sämmtliche Producte Schwefelwasserstoff unter Abscheidung von Schwefel. Die Abscheidung des letzteren kann durch Anwesenheit von Polysulfureten oder auch durch die, wie bemerkt, immer vorhandenen Sauerstoffverbindungen des Schwefels, welche beim Freiwerden zersetzend auf den sich entwickelnden Schwefelwasserstoff einwirken, bedingt sein. Nach Knapp und Ebell soll auch ein Gehalt an freiem Schwefel in der Ultramarinmutter, trotz der Flüssigkeit dieses Elementes in der Glühhitze möglich sein.

Nach Rickmann ist es das Natriummonosulfid (Na_2S), welches dem Ultramarinweiß (dem durch Wasser ausgelaugten

Producte des Rohbrennens) seine charakteristischen Eigenschaften verleiht. Diese seine Annahme gründet sich auf die Beobachtung, daß ein Natriumaluminiumsilikat von der Formel Na_2 Al_2 $(SiO_4)_2$ (hergestellt durch Glühen von 100 Theilen Thonerde, 120 Theil. Kieselsäure und 60 Theil. Natron) beim Erhitzen mit Natriummonosulfid (dargestellt durch Reduction des Natriumsulfates) unter sonst gleichen Umständen ein intensiveres Blau lieferte, als dasselbe Natriumaluminiumsilikat beim Erhitzen mit einer an Polysulfiden sehr reichen Schwefelleber gab. Diese letztere Thatsache wurde auch von Knapp und Ebell constatirt, doch weisen diese darauf hin, daß es schwer ist, ein reines polysulfuretfreies Einfach-Schwefelnatrium zu erhalten, und daß das von ihnen verwendete, durch Reduction von Natriumsulfat mittelst Kohle erhaltene Product beim Lösen in verdünnter Säure etwas Schwefel fallen ließ, wenngleich nur in unerheblicher Menge.

Da das Ultramarinweiß im Wasser seinen Gehalt an Natriumsulfid nicht abgiebt, so ist anzunehmen, daß sich letzteres in Verbindung mit dem vorhandenen Natrium-Aluminiumsilikat befinde. Ob die Zusammensetzung dieses Natrium-Aluminiumsilikates eine constante ist, ist noch unentschieden. Sicher variirt die Zusammensetzung des beim Rohbrennen resultirenden Productes und des beim Auslaugen desselben entstehenden Ultramarinweißes, je nachdem die Rohmaterialien in verschiedenen relativen Mengen zur Anwendung kommen; aber es wäre möglich, daß die bei Anwendung verschiedener Sätze entstehenden Rohproducte neben verschiedenen unwesentlichen Silikaten, die als verunreinigende Nebenproducte zu betrachten sind, ein allen gemeinsames, beim Blaubrennen in Reaction tretendes Silikat von constanter Zusammensetzung enthalten. R. Hoffmann nimmt in seinem kieselreichen Ultramarinweiß ein anderes Silikat (Na_2 Al_2 Si_2 O_{10} verbunden mit 2 Na_2S) an, als im kieselarmen (Na_2 Al_2 Si_2 O_8 verbunden mit 1 Na_2S). Rickmann hält es für wahrscheinlicher, daß in den sogenannten kieselreichen Ultramarinen dasselbe Silikat enthalten sei, wie in den kieselarmen, und daß in allem Ultramarinweiß das Silikat Na_2 Al_2 $(SiO_4)_2$ verbunden mit Na_2S den charakteristischen Bestandtheil bilde. Die Frage in welchem Verhältniß das Ultramarinweiß jenes Silikat neben Natrium-

monosulfid enthalte, beantwortet Rickmann auf Grund der von ihm und von Anderen ausgeführten Analysen dahin, daß auf je 2 Aeq. des Silikates 1 Aeq. des Sulfürs enthalten sei. In der That stimmen die bei der Analyse des Ultramarinweiß gefundenen Zahlen mit den nach der Formel



$$(Na_2\,Al_2\,Si_2O_8)_2\,.\,Na_2S$$

berechneten Zahlen gut überein, wie sich aus folgenden Ziffern ergiebt:

	gefunden von			berechnet
	Hoffmann	Ritter	Rickmann	nach obiger Formel
Si	17,0	18,2	16,6	17,3
Al	16,6	16,6	16,2	16,9
Na	21,5	19,0	20,9	21,3
S als H_2S .	4,2	4,6	4,1	4,9
O.	38,4	39,7	40,6	39,6
S (ausgeschieden)	2,2	1,5	1,6	—

Nachdem wir somit die Ansichten über die Zusammensetzung der beim Rohbrennen entstehenden Ultramarinmutter, beziehentlich des in demselben enthaltenen Ultramarinweiß besprochen, wenden wir unsere Betrachtung den bei der Ueberführung des Weiß in Blau (beim Blaubrennen) statthabenden Vorgängen zu. Knapp und Ebell theilen hierüber a. a. O. Folgendes mit:

Die Ultramarinmutter besitzt die Eigenschaft, durch Rösten, d. h. durch längere Zeit fortgesetztes Glühen, bei Ueberschuß von Schwefel und bei Luftzutritt die blaue Farbe anzunehmen. Diese Wandlung ist also bedingt durch die gleichzeitige Einwirkung einer gewissen und zwar ziemlich niederen Glühtemperatur und der Verbrennungsproducte des Schwefels. Auch ohne besonderen Zusatz von Schwefel neigt die Ultramarinmutter bei der Darstellung derselben sehr zum Blauwerden an allen Stellen, wo die Masse dem Luftzutritt ausgesetzt ist, an der Oberfläche, in Klüften u. s. f.; wie sich leicht aus ihrem Gehalt an Polysulfureten erklärt. Der Zusatz von Schwefel dient nur dazu, dem Proceß des Blaubrennens reichere Nahrung zu verschaffen, ihn zu vervollkommnen.

Man hat von jeher die Entwicklung der blauen Farbe auf die beim Brennen von Schwefel auftretende schweflige Säure zurückgeführt. Soweit mit vollem Rechte, denn die Erscheinung ist völlig dieselbe, wenn man über glühende Ultra=

marinmutter in einem Verbrennungsrohr gasförmige schweflige Säure leitet, aus Kupfer und Schwefelsäure entwickelt. Die schweflige Säure ist indessen keineswegs das ausschließlich Wirksame beim Blaubrennen. Brennender Schwefel bildet jederzeit neben schwefliger Säure noch Schwefelsäureanhydrid, wenn auch in untergeordneten Mengen; dieser letztere Körper bläut aber ebenso wie schweflige Säure. Man kann sich davon direct durch Ueberleiten des Dampfes von Schwefelsäureanhydrid (aus rauchender Schwefelsäure durch einen Luftstrom) über glühende Ultramarinmasse überzeugen, aber auch noch bequemer indirect durch Mischen der Ultramarinmasse mit entwässertem Kalium- (oder Natrium) Bisulfat und Erhitzen. Das Blau entwickelt sich dann schon bei sehr mäßiger Temperatur — vor der sichtbaren Glühhitze — durch die ganze Masse. Das weitaus beste und bequemste Mittel zum Bläuen des Ultramarins, wenigstens im Kleinen, ist trocknes Chlorwasserstoffgas, über die auf beginnende Rothglut erhitzte Masse geleitet. Das Gas ist aus dem Entwicklungsgefäß erst durch Trockenröhren mit concentrirter Schwefelsäure zu führen. Die Wirkung des Chlorwasserstoffes erklärt zugleich die schon längst beobachtete Eigenschaft des Chlorammoniums, Ultramarin zu bläuen; es ist lediglich ein mittelbares Bläuen mit Chlorwasserstoff. Denn bei der betreffenden Temperatur besteht das Chlorammonium nicht als solches in Dampfform, sondern zerfällt vielmehr in Folge der Dissociation in ein Gemenge von Chlorwasserstoff mit Ammoniakdampf. Der letztere hat keine bläuende Wirkung auf Ultramarinmutter.

Den bereits genannten Säuren, welche das Vermögen besitzen, Ultramarinmutter zu bläuen, reiht sich noch Schwefelkohlenstoff und Kohlensäure an. Bei diesen ist die Wirkung, wenn auch deutlich, doch matt, weitaus am unvollkommensten und trägsten bei der Kohlensäure. Wie man sieht, haben sämmtliche bis dahin aufgezählte Mittel das eine gemein, daß sie in dem Proceß des Blaubrennens als Säureanhydride zum Angriff kommen, so die schweflige Säure, die Schwefelsäure direct oder aus Bisulfat, die Chlorwasserstoffsäure als solche oder im Chlorammoniumdampf. In der That scheint die Fähigkeit den Ultramarin blau zu machen, den Säureanhydriden überhaupt anzugehören. Auch entwässerte Borsäure und

wasserfreie Phosphorsäure, mit der zu bläuenden Masse zusammengerieben, verwandeln diese beim Erhitzen in Blau. — Als ein kräftig bläuendes Mittel ist schließlich noch das Chlor zu erwähnen. Ein mittels Durchleiten durch concentrirte Schwefelsäure getrockneter Strom von Chlorgas, in einer Verbrennungsröhre über Ultramarinmasse geleitet, wirkt ganz wie Chlorwasserstoff und zwar ebenfalls bei sehr niederer, kaum sichtbar werdender Glühhitze.

Sämmtliche Mittel zum Blaumachen des Ultramarins sind in der Kälte wirkungslos, ihre Wirkung setzt stets erhöhte Temperatur voraus; sie tritt ein mit dem allerersten Auftreten der Glühfarbe bis zu den untersten Regionen der dunkeln Rothglut. Die Frage, ob die höhere Temperatur schon an sich eine bläuende Wirkung habe, war eigentlich schon verneint durch den Umstand, daß die Ultramarinmutter höchstens an der Oberfläche, nie in den untersten Theilen des Tiegels, blau aus dem Feuer kommt; ferner dadurch, daß beim Blaubrennen mit Chlorwasserstoff z. B. die blaue Farbe sich nicht von unten von der heißesten Stelle des Glasrohres, sondern stets von der Oberfläche aus allmälig nach unten zu vorschreitend, entwickelt. Immerhin stellten Knapp und Ebell die Thatsache auch durch einen besonderen Versuch fest.

So wenig wie die bloße Hitze bewirkt die bloße Luft beim Glühen die Umwandlung der Ultramarinmutter in Blau. Ein weißer Ultramarin, der bei Behandlung mit Schwefelsäureanhydrid intensiv blau wurde, nahm bei Luftzutritt in dunkler Rothglut nur eine grüne Farbe an, mit einem Stich ins Blaue. Die Bildung von Säureanhydriden war in diesem Falle auf ein Minimum eingeschränkt.

Bei der Entwicklung des Blau durch Säureanhydride verflüchtigt sich stets eine im allgemeinen nicht sehr beträchtliche Menge Schwefel, welcher sich bei der Operation in Röhren als gelber Anflug und Rinden an den kalten Stellen absetzt. Nur bei Anwendung von Chlor ist die Sache in so weit anders, als dabei entsprechend Chlorschwefel weggeht; ebenso tritt beim Bläuen mit Chlorwasserstoff etwas Schwefelwasserstoff auf.

Was bis dahin vom Blaubrennen angeführt ist, gilt in gleicher Weise vom weißen Ultramarin, wie von der nicht ausgewaschenen Ultramarinmutter, mit dem Unterschied jedoch,

daß letztere reichlicher Schwefel gehen läßt beim Blaubrennen, als erstere. Der Ultramarin zeigt nach dem Blaubrennen neben dem Wechsel der Farbe nicht minder wesentliche Veränderungen seines Verhaltens und Bestandes.

Weißer Ultramarin, in einem von Chlorwasserstoffgas durchströmten Rohre nach Austreibung der Luft 2 Stunden lang erhitzt, nahm eine intensiv blaue Farbe an. Mit Wasser behandelt lieferte er eine Lösung, in der sich ein erheblicher Betrag von Chlornatrium nachweisen ließ. Der blaue ausgewaschene Rückstand entwickelte mit verdünnten Säuren, ohne nachweisbares Auftreten von schwefliger Säure, Schwefelwasserstoff unter Abscheidung von Schwefel. Diese letztere Thatsache, zufolge welcher selbst nach 2stündigem Glühen im Chlorwasserstoffstrom noch Polysulfuret vorhanden, ist auffallend, jedoch erklärlich, wenn man erwägt, daß das Gas ins Innere der dichten, geschlossenen Partikeln des Silicates eindringen muß, um alles Polysulfuret zu erreichen, was der gasförmigen Säure sehr schwer, aber aufschließenden flüssigen Säuren nachher sehr leicht fällt. Ist diese Vermuthung richtig, so muß blau gebrannter, völlig ausgewaschener Ultramarin abermals Chlornatrium liefern, wenn man durch Zerreiben desselben neue Flächen bloslegt und das Blaubrennen wiederholt. Dem ist in der That so. Als man einen weißen, mit Chlorwasserstoff blau gebrannten Ultramarin mit Wasser auswusch, bis alles Chlornatrium (im Betrag von 10,6 Proc.) entfernt war, das ausgewaschene Blau im Achatmörser feinrieb, wieder in Chlorwasserstoff glühte und diese Behandlung dreimal wiederholte, so ließ sich jedesmal wieder mit Wasser Chlornatrium ausziehen, aber in stets geringer werdender Menge; ebenso nahm entsprechend jedesmal die mittels Säuren entwickelbare Menge Schwefelwasserstoff ab, zuletzt bis auf eine Spur. Dabei schien mehr Chlornatrium gebildet zu werden, als der gleichzeitigen Abnahme des entwickelten Schwefelwasserstoffes entspricht. Auch etwas Thonerde war ohne Zweifel in Form von Chloralumin durch Wasser ausziehbar. Das bläuende Agens greift also auch die Thonerde einigermaßen an. Die Farbe ändert sich während der auf einander folgenden Processe des Zerreibens und Blaubrennens nicht merklich, weil sie schon anfangs zu tief war. Die Thatsache, daß der bei dem Blau=

brennen auf den Ultramarin wirkende Körper mit der Entwicklung der Farbe stets Natrium bindet, ist bekannt und längst von Ritter festgestellt. Bei Anwendung von Chlorwasserstoff und Chlor entsteht Chlornatrium, bei Schwefelsäure- oder Schwefligsäure Anhydrid Sulfat oder Sulfit, bei Anwendung von Phosphorsäure und von Borsäure deren Natronsalze.

Knapp und Ebell haben nun zwar die Veränderung der Zusammensetzung, welche das Ultramarinweiß bei seiner Umwandlung in Blau erfährt, auf dem Wege der quantitativen Analyse verfolgt, sie unterlassen es aber in dem bis jetzt von ihnen veröffentlichten Theile ihrer Untersuchung eine Ansicht über die Constitution des beim Blaubrennen gebildeten blauen Körpers auszusprechen. Dies ist indessen a. a. O. von Rickmann geschehen. Derselbe stützt seine Ansicht auf das Ergebniß des folgenden Versuches: Ein Ultramarinweiß, dessen Zusammensetzung durch die Analyse ermittelt war, wurde mittels gasförmiger Chlorwasserstoffsäure in Ultramarinblau übergeführt. Hierauf wurde mit Wasser ausgewaschen, der Rückstand zerrieben, wieder mit Salzsäure behandelt und dieses Verfahren so lange wiederholt, bis im Filtrat kein Natrium mehr nachzuweisen war. Im Filtrat wurde der Natrium- und Aluminiumgehalt bestimmt, sowie auch das resultirende Ultramarinblau analysirt.

	Ultramarinweiß	Ultramarinblau	
Al_2O_3	30,74	27,14	
Na_2O	28,33	19,48	
SiO_2	35,42	35,25	
S (als H_2S	4,11	3,88	
S (ausgeschieden)	1,40	2,12	
Na_2O	—	8,89	im Filtrat.
Al_2O_3	—	3,34	im Filtrat.

Die Menge des dem Ultramarinweiß entzogenen Natriums von 8,89 Proc. Na_2O = 6,60 Proc. Natrium entspricht, auf die Formel:



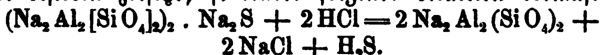
$$(Na_2Al_2[SiO_4]_2)_2 \,.\, Na_2S$$

bezogen, fast 2 Na, welche 7,09 Proc. Natrium verlangen. Die Differenz von 0,49 Proc ist wohl dadurch zu erklären, daß es sehr schwierig ist, das Ultramarinweiß seiner ganzen Masse nach in Blau überzuführen. Hiernach gelangt Rickmann zu folgender empirischen Formel des Ultramarinblau:



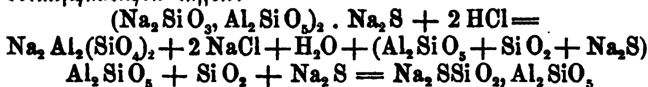
$$(Na_2\,Al_2\,Si_2\,O_8)_2\,.\,NaS = Na_6\,Al_4\,Si_2\,O_8\,S - Na_2 = Na_4\,Al_4\,Si_2\,O_8\,S.$$

Jetzt liegen folgende Fragen vor: 1) Wird das Natrium dem Sulfid oder dem Silicat entzogen? 2) Beruht der Bläuungsproceß nur auf einer Entziehung von Natrium, oder laufen noch andere Reactionen nebenher? Rickmann sucht zunächst die erstere Frage zu beantworten durch folgende Betrachtung. Angenommen bei der Bläuung des Weiß unter dem Einflusse der Salzsäure werde nur das Natriumsulfid des ersteren zersetzt, so würde folgende Reaction verlaufen:



$$(Na_2\,Al_2\,[Si\,O_4]_2)_2\,.\,Na_2\,S + 2\,HCl = 2\,Na_2\,Al_2\,(Si\,O_4)_2 + 2\,NaCl + H_2S.$$

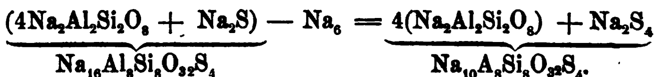
Es wäre also sowohl jede Bildung eines Sulfides, sowie die einer Schwefel-Sauerstoff-Verbindung ausgeschloßen; es würde vielmehr aller Schwefel in Form von Schwefelwasserstoff entweichen müssen, da, wie durch Versuche erwiesen, eine weitere Einwirkung desselben auf Natriumaluminiumsilicat nicht stattfindet. Dem entsprechen die Thatsachen nicht. Somit muß man also annehmen, daß das bläuende Mittel nicht dem in Ultramarinweiß enthaltenen Natriumsulfid, sondern wahrscheinlich dem Natriumsilicat das Natrium entzieht. Im letzteren Fall wird sich die Reaction durch folgendes Schema veranschaulichen lassen:



$$(Na_2\,Si\,O_3,\,Al_2\,Si\,O_5)_2\,.\,Na_2\,S + 2\,HCl =$$
$$Na_2\,Al_2(SiO_4)_2 + 2\,NaCl + H_2O + (Al_2\,Si\,O_5 + Si\,O_2 + Na_2S)$$
$$Al_2\,Si\,O_5 + Si\,O_2 + Na_2\,S = Na_2\,SSi\,O_2,\,Al_2\,SiO_5$$

Dieser Reaction gemäß ist im Ultramarinblau als wesentliche Schwefelverbindung ein Natriumsulfosilicat enthalten, also ein Natriumsilicat, in welchem der in directer Bindung mit dem Natrium stehende Sauerstoff durch Schwefel ersetzt ist. Dafür, daß die Reaction in der eben angegebenen Weise verläuft, sprechen noch besonders folgende Erscheinungen. Das bläuende Mittel entzieht dem Ultramarinweiß nicht nur Natrium, sondern auch eine gewisse Menge Aluminium (es wurden oben im Filtrat 3,34 Proc. Al_2O_3 gefunden), daraus folgt, daß beim Bläuungsproceß besonders das Doppelsilicat zersetzt wird. Ferner entwickelt sich verhältnißmäßig zu wenig Schwefelwasserstoff bei der Bläuung, um eine vollständige Zersetzung des Natriumsulfides annehmen zu können. Noch andere wich-

tige Thatsachen, welche für die Bildung des Sulfosilicates sprechen, werden uns bei der Betrachtung der zweiten Frage entgegentreten. Es handelt sich hierbei darum, zu entscheiden, ob der Bläuungsproceß nur auf einem Austritt von Natrium, bei Ausschluß aller anderen Reactionen, wie R. Hoffmann annimmt, beruht, oder ob auch noch andere Zersetzungen statthaben. Nach R. Hoffmann [1]) findet bei der Bläuung folgende Reaction statt:



$$\underbrace{(4Na_2Al_2Si_2O_8 + Na_2S)}_{Na_{16}Al_8Si_8O_{32}S_4} - Na_6 = \underbrace{4(Na_2Al_2Si_2O_8) + Na_2S_4}_{Na_{10}A_8Si_8O_{32}S_4}.$$

R. Hoffmann geht hierbei von der Einwirkung des Chlors als Bläuungsmittel aus, und in diesem Fall wäre es denkbar, daß dem Ultramarinweiß bei der Ueberführung in Blau einfach Natrium in Form von Chlornatrium entzogen wird, ohne daß weitere Reactionen veranlaßt werden. Rickmann hat nun aber die Beobachtung gemacht, daß Chlor, welches völlig frei von Wasser und Salzsäure ist, nur sehr schwach bläuend wirkt, daß also dasselbe wahrscheinlich seine bläuende Kraft hauptsächlich einem Gehalt an Chlorwasserstoffsäure verdankt und hiervon befreit, nur dadurch bläuend wirkt, daß es aus den im Ultramarinweiß enthaltenen Sulfit- und Hyposulfitverbindungen schweflige Säure frei macht, welche eine Bläuung verursacht. Wendet man als bläuendes Mittel z. B. Chlorwasserstoffsäure, schweflige Säure oder Schwefelsäureanhydrid an, so wird neben der Entziehung von Natrium noch eine andere Reaction stattfinden; es wird noch Sauerstoff entzogen werden, welcher mit dem aus der Chlorwasserstoffsäure frei werdenden Wasserstoff Wasser bildet, oder bei der Entstehung von Natriumsalzen (Sulfit oder Sulfat) in Anspruch genommen wird:

---

1) Hoffmann nimmt im Ultramarinblau ein vierfach Schwefelnatrium (Na_2S_4) an, da er die bei der Zersetzung des Blaus mittelst Säure sich abscheidende Menge freien Schwefels 3 Mal so groß fand als die in Form von Schwefelwasserstoff entweichende Menge Schwefel ($Na_2S_4 + 2\,ClH = 2\,NaCl + H_2S + 3\,S$). Nach Bräunlin (Dingler's polytech. Journal 1856 Bd. 140 S. 214) enthält das Ultramarinblau Fünffach Schwefelnatrium (Na_2S_5); auch Philipp vermuthet in dem Blau eine Verbindung von Thonerdenatronsilikat mit Fünffach-Schwefelnatrium.



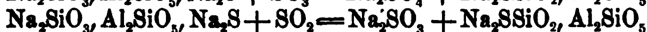
$$Na_2SiO_3, Al_2SiO_5, Na_2S + 2HCl$$



$$= 2NaCl + H_2O + Na_2SSiO_2, Al_2SiO_5$$



$$Na_2SiO_3, Al_2SiO_5, Na_2S + SO_3 = Na_2SO_4 + Na_2SSiO_2, Al_2SiO_5$$



$$Na_2SiO_3, Al_2SiO_5, Na_2S + SO_2 = Na_2SO_3 + Na_2SSiO_2, Al_2SiO_5$$

Daß diese Reactionen wirklich vor sich gehen, glaubt Rickmann durch folgende Versuche bewiesen zu haben. Ueber ein in einem Glasrohr bis zur angehenden Rothglut erhitztes Ultramarinweiß wurde so lange dampfförmiges Schwefelsäureanhydrid geleitet, bis ersteres in ein intensives Blau verwandelt war. Das entstandene Blau wurde gehörig mit Wasser ausgewaschen und das Waschwasser auf schweflige Säure und Schwefelsäure geprüft. Die erstere war nur in ganz geringen Spuren vorhanden, während eine sehr starke Schwefelsäure-Reaction auftrat. Wäre bei der Bläuung nur Natrium entzogen worden, so hätte sich Natriumsulfit bilden müssen und kein Natriumsulfat. Wendet man statt Schwefelsäureanhydrid gasförmige Chlorwasserstoffsäure als Bläuungsmittel an, so wird, wenn nur Natrium entzogen wird, Wasserstoff frei werden, andernfalls wird sich Wasser bilden. Zur Entscheidung dieser Frage wurden die beim Bläuungsproceß sich bildenden Gase und Dämpfe durch ein mit Kalilauge gefülltes Gefäß geleitet. Es zeigte sich, daß Alles absorbirt wird, so daß also keine Bildung von Wasserstoff stattfindet. Nach diesen Versuchen glaubt Rickmann den Bläuungsproceß nur durch die Annahme eines Natriumsulfosilicates erklären zu können.

Wenn der Uebergang in Blau durch eine Bildung von Natriumpolysulfiden, wie Hoffmann und Bräunlin annehmen (Natriumtetrasulfid, Natriumpentasulfid) bedingt wäre, so müßte, diese Umwandlung auch durch andere eine Entstehung von Polysulfiden verursachende Mittel bewirkt werden. Bekanntlich entsteht ein Polysulfid aus einem Monosulfid nicht allein durch Natriumentziehung:



$$5 Na_2S - 8 Na = Na_2S_5,$$

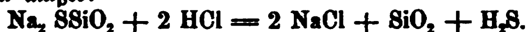
sondern auch durch Zugabe von Schwefel:



$$Na_2S + 4S = Na_2S_5.$$

Hiernach müßte Ultramarinweiß mit Schwefel behandelt in Blau übergehen. Dies ist jedoch nicht der Fall; glüht man Ultramarinweiß bei vollständigem Luftabschluß mit Schwefel, so findet keine Bläuung statt. Die Annahme eines Sulfosilicates von

der Formel Na_2SSiO_2 als charakteristische Verbindung im Ultramarinblau steht mit den Eigenschaften dieses Körpers in vollem Einklang. Nur eine Erscheinung bedarf noch einer Erklärung, da dieselbe gegen jene Annahme spricht; jedoch ist dieser Widerspruch nur ein scheinbarer. Durch Behandlung von Ultramarinblau mit Mineralsäuren, z. B. Chlorwasserstoffsäure, scheidet sich eine beträchtliche Menge von Schwefel ab, während nach obiger Formel aller Schwefel als Schwefelwasserstoff entweichen müßte:



$$Na_2\,SSiO_2 + 2\,HCl = 2\,NaCl + SiO_2 + H_2S.$$

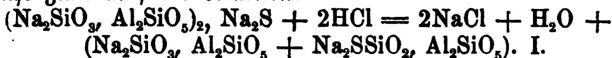
Die Abscheidung von Schwefel führt Rickmann auf das Vorhandensein der im Ultramarinblau nie fehlenden sauerstoffhaltigen Schwefelverbindungen zurück, welche, wenn sie durch eine Säure frei gemacht werden, durch einen Theil des gleichzeitig entwickelten Schwefelwasserstoffs unter Abscheidung von Schwefel zersetzt werden; übrigens hält Rickmann nicht für unmöglich, daß ein Theil des Schwefels, welcher sich auf Zusatz von Säuren aus dem Ultramarinblau abscheidet, schon als solcher darin enthalten ist, und entweder aus dem ersten Glühproceß oder auch aus dem Röstproceß stammt, indem er bei diesen Operationen nicht zur vollständigen Umsetzung gelangt. Auch Knapp und Ebell schließen sich dieser letzteren Ansicht an, (siehe oben) Guignet und Scheffer [1]) haben sich schon früher im gleichen Sinne ausgesprochen.

Wir sehen hieraus, daß uns die Analyse durchaus kein klares Bild von den wirklichen Verbindungsverhältnissen des Schwefels giebt. Wir können mittels derselben durchaus nicht feststellen, ob die Menge des ausgeschiedenen oder des als Schwefelwasserstoff auftretenden Schwefels ursprünglich in den erhaltenen Verhältnissen im Ultramarin enthalten war, eben weil diese Producte nicht direct und unmittelbar aus den entsprechenden Verbindungen hervorgehen, sondern zum Theil secundären Processen ihre Bildung verdanken. Deshalb darf man wohl mit Recht den durch die eben behandelte Erscheinung hervorgerufenen Widerspruch gegen die Annahme eines Sulfosilicates einen scheinbaren nennen.

Nach Rickmann wirkt, wie bemerkt, das bläuende Mittel

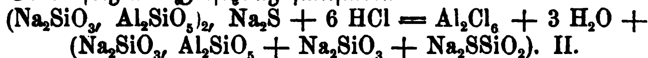
1) Wagners Jahresbericht 1874 S. 464.

nicht allein auf das Natrium, sondern auch mehr oder weniger auf das Aluminium ein. Der Bläuungsproceß wird sich also nicht glatt nach der Reaction:



$$(Na_2SiO_3, Al_2SiO_5)_2, Na_2S + 2HCl = 2NaCl + H_2O + (Na_2SiO_3, Al_2SiO_5 + Na_2SSiO_2, Al_2SiO_5). \text{ I.}$$

vollziehen, sondern es wird nebenher auch in einem gewissen Grade folgende Zersetzung stattfinden:



$$(Na_2SiO_3, Al_2SiO_5)_2, Na_2S + 6\,HCl = Al_2Cl_6 + 3\,H_2O + (Na_2SiO_3, Al_2SiO_5 + Na_2SiO_3 + Na_2SSiO_2). \text{ II.}$$

Bleibt noch ein gewisser Theil des Ultramarinweiß unzersetzt, so daß ein Zwischenproduct entsteht, wie wir es wahrscheinlich im sogenannten Ultramaringrün [1]) finden, welches wir als ein Gemenge von unzersetztem Ultramarinweiß mit gebildetem Blau ansehen können, so tritt zu den als I und II angeführten Verbindungen noch der Körper $(Na_2Al_2[SiO_4]_2)_2Na_2S$.

Die Analyse eines Ultramaringrün ergab folgende Werthe:

	Gefunden	Berechnet
Al_2O_3	29,22	29,45
Na_2O	24,98	25,29
SiO_2	39,31	39,67
S	6,49	5,29

Diesen Zahlen entspricht also fast genau ein Gemisch von 2 Theilen der Verbindung I, 1 Theil der Verbindung II und 1 Theil Ultramarinweiß.

Findet eine vollständige Umwandlung in Ultramarinblau statt, so kommen nur die beiden Verbindungen I und II in Betracht, von denen II nur durch Nebenreaction entsteht. Ein sogenanntes kieselarmes Ultramarinblau war wie folgt zusammengesetzt:

1) Nach Philipp (Ber. d. deutsch. chem. Ges. 1876 Bd 9 S. 1114) unterscheidet sich das Ultramaringrün von dem Blau nur dadurch, daß ersteres im mechanisch oder chemisch gebundenen Zustande noch eine kleine Menge Einfach-Schwefelnatrium enthalte, nach deren Entfernung die blaue Farbe des Ultramarins zum Vorschein gelange. Er stützt seine Ansicht einerseits auf die Beobachtung, daß grüner Ultramarin mit Wasser in zugeschmolzenen Röhren auf 160° erhitzt eine schöne hellblaue Farbe annimmt, und dabei nur geringe Mengen von Natriumverbindungen an das Wasser abgiebt, andererseits auf die schon von Lehmann constatirte Thatsache, daß Ultramarinblau beim Schmelzen mit Schwefelnatrium oder mit einem Gemenge von Natriumsulfat und Kohle in Grün übergeführt wird.

	Gefunden	Berechnet
Al_2O_3	31,89	31,95
Na_2O	21,67	22,33
SiO_2	39,95	40,28
S	6,17	5,51.

Eine ähnliche Zusammensetzung giebt, wie die daneben stehenden Zahlen zeigen, ein Gemenge von 6 Theilen der Verbindung I und 1 Theil der Verbindung II.

Was das kieselreiche, (besser gesagt: schwefelreiche) Ultramarinblau betrifft, so wäre möglich, daß dasselbe durch directe Uebertragung der Kieselsäure auf Natriumsulfid entsteht:



$$Al_2Si_2O_7 + Na_2S = Na_2SSiO_2, Al_2SiO_5.$$

Es würde in diesem Fall überhaupt keine Bildung einer Muttersubstanz stattfinden, sondern direct Ultramarinblau gebildet werden. Letztere Behauptung findet eine wichtige Stütze darin, daß beim Glühen eines Gemenges von Thon und Natriummonosulfid direct Ultramarinblau entsteht. So lange es nicht gelungen ist, wirklich das dem kieselreichen Ultramarinblau entsprechende Weiß darzustellen, möchte die letztere Erklärung für die Entstehung des kieselreichen Ultramarinblau als die richtigere anzunehmen sein.

Wie wir aus dem Vorhergehenden ersehen, ist das künstliche Ultramarinblau nicht als chemisches Individuum, sondern als ein Gemenge verschiedener Verbindungen anzusehen, von welchen zwar eine als wesentliche, die Constitution bedingende, aufgefaßt werden muß, während die übrigen als verunreinigende Nebenproducte zu betrachten sind. Als wesentliche Verbindung tritt nach Rickmann das Natriumsulfosilicat in Verbindung mit Aluminiumsilicat auf. Ob letztere Verbindung als zur Constitution des Ultramarins nothwendig anzusehen ist, oder ob dieselbe nur Kieselsäure übertragend wirkt, mag einstweilen noch dahin gestellt bleiben, so lange es nicht gelingt, ein absolut Aluminium-freies Ultramarinblau darzustellen. Nach den bisherigen Erfahrungen können wir das Ultramarinblau in seiner reinsten Form als ein Natriumaluminiumsilicat betrachten, in welchem das Natriumoxyd durch Natriumsulfid ersetzt ist:



Natriumaluminiumsilicat: Na_2OSiO_2, $Al_2O_3SiO_2 = Na_2Al_2(SiO_4)_2$,
Ultramarinblau: $Na_2SSi_2O_2$, $Al_2O_3SiO_2 = Na_2SiO_2S$, Al_2SiO_5.

Die Bildung dieses Körpers läßt sich in folgender Weise erklären. Angenommen, es finde beim Rohbrand ein Gemisch von Kaolin, Kohle, Soda und Schwefel Verwendung, so wird beim Glühen die Soda auf zweierlei Art wirken: sie wird aufschließend auf den Kaolin wirken und so die Bildung eines Natriumaluminiumsilicats verursachen; gleichzeitig wird sie sich mit dem Schwefel zu Natriumsulfid umsetzen. Bei anhaltendem Glühen werden sich diese beiden Verbindungen zu Ultramarinweiß vereinigen. Durch das Blaubrennen wird das Ultramarinweiß nach den oben angeführten Reactionen in die Verbindung: Na_2SSiO_2, Al_2SiO_5 (Ultramarinblau) übergeführt. Letztere Verbindung bildet sich auch schon direct bei einem Zusatz von Kieselsäure zum Ultramarinsatz, oder wenn Thon mit Natriumsulfid geglüht wird. In diesem Falle wird wahrscheinlich die Kieselsäure direct an das Natriumsulfid zur Bildung des Natriumsulfosilicates übertragen werden. Erstere Methode liefert das sogenannte kieselarme, letztere das kieselreiche Ultramarinblau.

Mit der Frage ob das Ultramarinblau als ein chemisches Individuum anzusprechen sei, steht die Frage nach der Krystallisationsfähigkeit desselben im engern Zusammenhange.

R. Hoffmann berichtet zunächst in seinen der Jury der Wiener Weltausstellung unterbreiteten Notizen über die von ihm und Grünzweig beobachtete Krystallisation des Ultramarins. Die Genannten fanden bei ihren Versuchen, Ultramarinweiß aus dem grünen Rohproduct der Fabrikation zu isoliren, daß eine blaß grünlich gefärbte Probe des letzteren unter dem Mikroskop bei 450facher Vergrößerung als ein Haufwerk flach tafelförmiger Krystalle erschien. Die vorherrschende Fläche dieser Krystalle war ein nicht ganz gleichmäßig ausgebildetes regelmäßiges Sechseck. Sie erschienen unter dem Mikroskop fast farblos. Beim Erhitzen mit Schwefel trat ohne Formveränderung der Krystalle Blaubildung ein. Später fanden die Genannten bei mikroskopischer Prüfung zahlreicher Proben von rohem aber ausgewaschenen Ultramarin ähnliche Krystalle, die jedoch kleiner und daher weniger gut zu erkennen waren. In dem auf Naßmühlen feingemahlenen rohen Ultramarin waren die Krystalle nicht mehr wahrzunehmen.

Büchner[1]) hält die beobachteten Krystalle für Quarzkrystalle, denen blauer Farbstoff anhaftet, wogegen Grünzweig und Hoffmann[2]) bei ihrer Ansicht stehen bleiben, daß dieselben als Ultramarinkrystalle zu betrachten seien. Auch Fischer[3]) bestätigt das Auftreten von Krystallen mit vorherrschenden regelmäßigen sechsseitigen Flächen (von 0,001 bis 0,002 Millimeter Durchmesser) sowohl im blauen Rohbrand als auch in dem aus dem Auslaugekästen entnommenen Ultramarin. Diese Krystalle lösten sich unter Gasentwicklung und unter Hinterlassung einer amorphen Substanz in verdünnter Salzsäure, konnten daher unmöglich für blaugefärbte Quarzkrystalle gehalten werden und ist somit Fischer der Ansicht, daß blaues Ultramarin wenigstens unter Umständen als eine krystallisirende Verbindung auftreten kann.

Selen- und Tellur-Ultramarin. — Ein wissenschaftliches Interesse gewähren noch die Versuche, einzelne im Ultramarin enthaltene Elemente durch andere zu ersetzen. Nachdem Leykauf[4]) bereits vor Jahren den Schwefel des Ultramarin durch Selen und Tellur ersetzt hat, ließ sich Guimet[5]) die Bereitung von Selen- und Tellur-Ultramarin in Frankreich patentiren. Es ist wohl nicht anzunehmen, daß er eine Beeinträchtigung seines Patentes zu befürchten hat.

Silber-Ultramarin. — Die Angabe Unger's[6]) daß bei der Digestion des blauen Ultramarins mit Silbernitratlösung ein Ultramarin entstehe, welcher an Stelle des Natriums Silber enthalte, ist mehrfach bestätigt worden, so von Heumann,[7]) Philipp[8]) und Andern. Nach Heumann bildet der Silberultramarin intensiv citronengelbe, glashelle Körner, die nach mehrstündigem Erhitzen des Ultramarinblaues mit concentrirter Silbernitratlösung zunächst gemischt mit grauen Silberflittern zurückbleiben, von letzteren aber sowohl durch Abschlämmen als auch durch successive Behandlung mit einer Jod-

1) Dingl. pol. Journ. 1875 Bd. 215 S. 168.
2) Ber. der deut. chem. Ges. 1876 Bd. IX S. 865.
3) Dingl. pol. Journ. 1875 Bd. 221 S. 564.
4) Wagners Jahresbericht 1876 S. 555.
5) Ders. 1877 S. 419.
6) Dingl. pol. Journ. 1874 Bd. 212 S. 232 u. 242.
7) Ber. der deut. chem. Ges. 1877 Bd. X S. 991 u. S. 1888.
8) Dies. S. 1227.

und Cyankaliumlösung befreit werden können. Der Silberultramarin wird durch verdünnte Säuren zersetzt, wobei sich gallertartige Kieselsäure gemengt mit schwarzem Schwefelsilber ausscheidet. Schwefelwasserstoffentwicklung ist nach Heumanns Angabe hierbei durchaus nicht wahrzunehmen, wohl aber schwacher Geruch nach schwefliger Säure.

Kalium-Ultramarin. — De Forcrand und Ballin,[1]) welche sich ebenfalls mit der Untersuchung des Silberultramarins beschäftigten, theilen mit, daß derselbe bei 75stündigem Kochen mit einer wässrigen Chlornatriumlösung seinen ganzen Silbergehalt wieder gegen Natrium austausche und zwar unter Rückbildung des gewöhnlichen blauen Ultramarins. Die gleiche Umsetzung beobachteten die Genannten auf trockenem Wege beim starken Erhitzen eines Gemisches von Silberultramarin mit Kochsalz. Durch Erhitzen des Silberultramarin mit Chlorkalium wollen Forcrand und Ballin bei 3 bis 400 ⁰ den entsprechenden Kaliumultramarin als ein grünblaues Product erhalten haben. Auch mit Hülfe von Chlorbarium, Chlormagnesium und Chlorzink sollen sich ähnliche Umsetzungen erzielen lassen.

Ultramarine mit organischen Radicalen. — Bei der Allgemeinheit der eben besprochenen Reaction kam de Forcrand[2]) auf den Gedanken, zu versuchen, ob sich in derselben Weise auch Ultramarine mit organischen Radicalen darstellen lassen, indem man Silberultramarin mit Chloriden oder Jodiden verschiedener Alkoholradicale erhitzt. Er ließ auf Silberultramarin in einem geschlossenen Gefäße bei 130⁰ einen Ueberschuß von Aethyljodid 50—60 Stunden lang einwirken, doch so, daß die Operation fractionirt wurde. Man öffnete nämlich die Röhre nach 10—15 Stunden, wusch das Product mit Alkohol, unterschwefligsaurem Natron und Wasser aus und brachte es mit einem neuen Ueberschuße von Aethyljodid in das Gefäß zurück. Diese Behandlung wurde mehrmals wiederholt, bis das sorgfältig ausgewaschene Product kein Silber mehr enthielt. Das so erhaltene Pulver hat eine hellgraue Farbe und zersetzt sich unter Entwickelung von

1) Wagners Jahresbericht 1878 S. 496.
2) Chem. Centralblatt 1879 S. 197 u. Comptes rendus 1879 t. 88 p. 30.

Aethylsulfid beim Erhitzen. Wenn man es zuvor mit gepulvertem Chlornatrium mischt und dann stark erhitzt, so entwickelt sich kein Aethylsulfid mehr und das ursprünglich graue Pulver wird blau, indem sich gewöhnliches Ultramarin mit allen seinen Eigenschaften bildet. Um zu constatiren, daß das Aethyl in die Constitution der Verbindung eintritt, wurden die durch Wärme erzeugten Zersetzungsproducte in Quecksilberchlorid aufgefangen. Der krystallinische Niederschlag hatte die Zusammensetzung $(C_2H_5)_2S,HgCl_2$, woraus sich ergiebt, daß das Aethyl in der That ein Bestandtheil des Ultramarins war. Aehnliche Reactionen wurden mit den Jodiden anderer Alkoholradicale sowie mit einer gewißen Zahl quaternärer Ammoniumjodide erhalten.

Ultramarinviolet, -roth und -gelb. — Schon auf der Wiener Weltausstellung erregte eine von der Nürnberger Ultramarinfabrik (Zeltner) ausgestellte Probe violetten Ultramarins die Aufmerksamkeit der Besucher. Zwar steht das Product an Reinheit und Lebhaftigkeit der Farbe hinter den blauen Ultramarinsorten zurück und Büchner[1]) spricht die Ansicht aus, daß weder dem Ultramarinviolet noch dem nachher zu erwähnenden Roth und Gelb eine bedeutende Zukunft zu prognosticiren sei; doch hat sich sowohl Zeltner[2]) als auch Reinh. Hoffmann[3]) die Darstellung von violetem und rothem Ultramarin patentiren lassen und mögen dieselben daher hier wenigstens eine kurze Erwähnung finden. Die Zusammensetzung des violeten Ultramarins unterscheidet sich nach den vorliegenden Analysen von Reinhold[4]) und von Lüssy[5]) von der des blauen Ultramarins im Wesentlichen durch einen nicht unbeträchtlichen Mehrgehalt an Kieselsäure (Hoffmann fand neben 3,5 Proc. Thonrückstand 41,3 Proc. Kieselsäure, Lüssy fand 47,2 Proc. Kieselsäure).

Zur Darstellung des violetten Ultramarins giebt Zeltner[6]) folgendes Verfahren an:

1) Dingl. pol. Journ. 1879 Bd. 231 S. 469.
2) D. R. P. Nr. 1 v. 2. Juli 1877 u. Nr. 228 v. 2 Juli 1878.
3) E. P. Nr. 3737 v. 9. October 1878.
4) Amtlicher Bericht über die Wiener Weltausstellung Bd. 3 Abtheilung 2 S. 683.
5) Wagners Jahresbericht 1875 S. 589.
6) Ders. 1878 S. 497.

Werden trockene Halogene, insbesondere Chlor, über Ultramarinblau oder Ultramaringrün, das auf 300 ° C. erhitzt ist, geleitet, so entstehen Halogenderivate des Ultramarins. Das Ultramarin verwandelt sich z. B. mit Chlor im Beginn des Processes zunächst in ein grünes Derivat, bei weiterer Einwirkung des Chlors in ein düster röthliches; werden nun diese so entstandenen Derivate in Wasser, in kohlensaure oder ätzende Laugen eingetragen und erwärmt, so geht das in den Derivaten gebundene Chlor als Chlorwasserstoff beziehentlich als Chloralkali in Lösung, indem gleichzeitig die neue Ultramarin-Verbindung, das Violet-Ultramarin, entsteht, welches nun an Stelle des Halogens, Hydroxyl gebunden enthält. In analoger Weise giebt Schwefelsäure-Anhydrid, über und in auf etwa 150 ° C. erwärmten Ultramarin geleitet, ein Sulfoderivat von röthlicher Farbe, welches in kohlensaure oder ätzende Alkalilaugen eingetragen, sich umwandelt in sich lösendes schwefelsaures Alkali und in violettes Ultramarin-Hydroxyd.

Wird blauer oder grüner Ultramarin auf 160 bis 180 ° C. erwärmt, und leitet man in diese erwärmte Ultramarin-Masse Chlor (oder andere Halogene) und Wasserdampf, so bildet sich direct violettes Ultramarin-Hydroxyd und Chlornatrium, welches letztere durch Wasser entfernt wird. Bezüglich der Beschreibung der hierbei in Anwendung kommenden Apparate verweisen wir auf das Original.

Wird blauer oder grüner Ultramarin mit einer Salzmischung, wie z. B. mit Ammoniumnitrat und Chlorammonium, mit Natriumnitrat und Chlorammonium oder überhaupt mit einer, beim Erhitzen Wasser und Halogene erzeugenden Salzmischung gemengt und erhitzt, so entsteht nach Zeltner ebenfalls direct violettes Ultramarin-Hydroxyd und bei Vorhandensein von Ammoniaksalzen, violettes Ultramarinamid; die dabei entstehenden Salze werden durch Waschen entfernt und unlöslicher violetter Ultramarin bleibt zurück. Wird blauer oder grüner Ultramarin auf 160 bis 180 ° C. erhitzt und der Einwirkung folgender Agentien ausgesetzt: einer Säure, eines Oxydationsmittels, des Wassers oder eines Gemenges der 3 genannten Körper, so bildet sich violetter Ultramarin. Eine Lösung von Chlorcalcium und Chlormagnesium mit Ultramarin erhitzt, giebt ebenfalls Violet, welches gleichfalls entsteht wenn

man Salzsäuredampf, Wasserdampf und Luft über erhitzten Ultramarin leitet.

Setzt man bis auf 130 bis 150° erhitztes Violet der Einwirkung von salpetersauren Dämpfen aus, so entsteht Ultramarinroth (vergl. dieses Jahrb. 1878, S. 430).

Nach Reinh. Hoffmann hat man blauen, grünen oder sogenannten weißen Ultramarin bei erhöhter Temperatur unter Luftzutritt mit Säuren oder Salzen, die bei hoher Temperatur Säure abgeben, zu behandeln, um purpurrothe oder violette Farbstoffe zu erhalten, die bei weiterer Erhitzung mit oder ohne Luftabschluß und bei weiterer Behandlung mit Säure in einen rothen übergehen.

Schon G. Scheffer[1]) beobachtete, daß bei unterdrückter Ultramarinbildung (wenn bei dem Muffelbrand des kieselreichen blauen Ultramarins der Glühproceß vorzeitig unterbrochen wird), ein gelber Körper entsteht, der bei weiterem Fortschreiten der Operation in einen rothen und sodann in den gewöhnlichen blauen Ultramarin übergeht. Auch Büchner[2]) bestätigt das Auftreten gelber und rother Producte unter den genannten Umständen. Nach seiner Ansicht ist die Entstehung dieser Farben als die Folge entweder einer unterdrückten Ultramarinbildung oder einer Ueberhitzung anzusehen. Für die erste Annahme spricht die Thatsache, daß sich das Roth von dem Blau im Wesentlichen durch einen geringeren Gehalt an Natrium (12,7 Proc. gegen 14,3) und einen größeren Gehalt an unaufgeschlossenen Thonrückstand (9,0 Proc. gegen 6,9) unterscheidet. Für eine Ueberhitzung spricht die Thatsache, daß sich die rothe und gelbe Farbe am schönsten, wenn auch nur als mäßig starker Anflug da zeigt, wo die Hitze nothwendiger Weise eine stärkere gewesen sein muß; zugleich sind aber solche Stellen auch am meisten dem Zutritt der Luft ausgesetzt. Da nun bekannter Weise der Ultramarinofen im Stadium seiner höchsten Reaction bedeutende Mengen von Schwefelsäureanhydrid entwickelt, so vermuthete Büchner, daß diese Anhydridbildung farbeverändernd auf den blauen Ultramarin wirken möge. Er ward in dieser Vermuthung bestärkt, da er sich durch directe Versuche über-

1) Ber. der deutsch. chem. Ges. 1873 S. 1450.
2) Dingl. pol. Journ. 1879 Bd. 231 S. 466.

zeugte, daß fertig gebildetes Ultramarinblau, wenn man es bei 350—400° der Einwirkung von Schwefelsäureanhydriddämpfen aussetzt, anfangs eine violette, dann eine rothe und bei noch weiter fortgesetzter Einwirkung eine gelbe Farbe annimmt. Auch wenn man trocknes, salzsäurefreies Chlorgas bei etwa 410° C. über noch nicht fertig gebildetes Ultramarinblau leitet, erhält man nach Büchner zuerst schnell vorübergehend eine violette, dann eine rothe und hierauf eine sehr schön citronengelbe Farbe. Dabei entwickeln sich Dämpfe von Schwefelsäureanhydrid.

Da das Blau mehr Natrium enthält als das Roth, und dieses wieder an Natrium reicher ist als das Gelb, so vermuthete Büchner weiter, daß rother und gelber Ultramarin direct zu erhalten seien, wenn man in dem für Blau in Anwendung zu bringenden Satze den Natriumgehalt verringere. Auch diese Vermuthung fand ihre Bestätigung durch den Versuch.

Auf Grund dieser Beobachtungen glaubt Büchner der Ansicht Zeltner's entgegentreten zu müssen, zufolge deren das Roth als ein hydroxylirter Ultramarin zu betrachten sei.

Zink.

Zinkhaltige Geräthe. — Schon vor 19 Jahren machte Dr. H. Fleck, Vorstand der chemischen Centralstelle in Dresden, auf die nachtheiligen Folgen der Anwendung von Zinkgefäßen als Milchreservoire aufmerksam und wies nach, daß der Grund der längern Haltbarkeit der in Zinkgefäßen aufbewahrten Milch in der Fähigkeit des Zinks zu suchen sei, sich in verdünnten Säuren, wie die Milchsäure in der Milch es ist, namentlich bei Luftzutritt, mit Leichtigkeit aufzulösen. Noch immer aber wird nach Fleck[1]) Zink in verschiedener Form zur Ueberfüllung oder Aufbewahrung von sauren oder leicht säurenden Flüssigkeiten angewendet. So hat Fleck schon mehrfach Weißweine mit deutlich nachweisbarem Zinkgehalt gefunden und er vermuthet, daß der Wein bei seiner Darstellung, resp. Klärung, mit zinkhaltigen Gefäßen, Trichtern oder Eimern, in Berührung gebracht wird. Auch sind der chemischen Centralstelle in Dresden schon mehrfach Eisenglasuren und glasirte

1) Deutsche Metall-Industriezeitung 1878 S. 582 u. Correspondenzblatt der Ver. anal. Chemiker.

Eisenwaaren zur Prüfung auf Metallgifte zugesendet worden, wobei sich zwar regelmäßig die Abwesenheit von Blei, aber ebenso oft die Anwesenheit von Zink konstatiren ließ. Kocht und verdampft man in mit bleifreien Glasuren versehenen Eisengefäßen 6- bis 10procentigen Essig auf 3/4 seines Volumens ein, so wird man in einem solchen gekochten Essig jederzeit Zink in sehr deutlichen Mengen nachweisen können, während keine Spur Blei vorhanden ist. Das Vorkommen des Zinkes in den Eisenglasuren ist durch die der Glasurarbeit vorausgehende Behandlung der Eisenflächen mit Chlorzinklösung als Beizmittel bedingt. Diese Art der Behandlung des Eisens vor der Glasirung findet aber bis jetzt wohl in allen Etablissements statt, welche emaillirte Eisengeräthe herstellen, und deshalb wird man in den meisten Fällen die Glasuren zinkhaltig finden. Bei Gelegenheit der Darstellung verzinnter Eisenröhren zu Wasserleitungszwecken empfahl Fleck als Beizmittel eine salzsaure Zinnoxydullösung und es ergab sich, daß eine solche saure Zinnsalzlösung als Beizmittel der zu verzinnenden Eisenröhren sich ganz vorzüglich bewährte. Es wäre wohl versuchswerth, festzustellen, ob bei der Darstellung emaillirter Eisengeräthe nicht auch eine Zinnsalzlösung an Stelle der gesundheitsschädlichen Chlorzinksolution mit Vortheil zur Anwendung gelangen könnte. Ferner haben zahlreiche Versuche, welche in Dresden angestellt wurden, um den Einfluß verschiedener Rohrleitungsmaterialien auf die Qualität des Leitungswassers kennen zu lernen, dargethan, daß schon ein Gehalt von 1 Raumprocent Kohlensäuregas im Wasser genügt, um letzteres bei mehrstündiger Berührung mit Leitungsröhren von verzinktem Eisen deutlich zinkhaltig erscheinen zu lassen.

Zinkoxysulfuret wird unter dem Namen „Griffith's Zinc-White als Ersatzmittel für Bleiweiß in ziemlich bedeutendem Umfange von Th. Griffith in Liverpool fabricirt. Das im Jahre 1878 in Paris ausgestellte Präparat wird von Phipson[1]) als sehr beachtenswerth bezeichnet und soll mindestens die gleiche Deckkraft wie Bleiweiß besitzen, sich aber vor diesem durch eine größere Wetterbeständigkeit auszeichnen. Zu seiner Herstellung wird ein Zinksalz durch ein lösliches

1) Wagners Jahresbericht 1878 S. 521.

Sulfuret (Schwefelbarium) gefällt, der Niederschlag gewaschen und getrocknet, dann zur Rothgluth erhitzt und beim Verlassen des Ofens in kaltes Wasser fallen gelassen, gepulvert und schließlich getrocknet. Der Herstellungspreis soll verhältnißmäßig gering sein. Der Wunsch, die mehrfach als Nebenproducte resultirenden Zinksalze zu verwerthen, mag zur Darstellung des Präparates Veranlassung gegeben haben.

Nickel.

Der Numeït, ein neuer Schmuckstein. — Das vor einigen Jahren von F. Garnier in Neucaledonien aufgefundene Nickelerz, der „Garnierit" hat nach R. v. Wagner [1]), wie die metallurgische und chemische Abtheilung der Pariser Industrieausstellung lehrte, für die französische Nickelindustrie eine hohe Wichtigkeit erlangt. Die hauptsächlichsten Nickelfabrikanten Frankreichs stellen ihr Nickel, ihre Nickellegirungen und die zur Vernickelung dienenden Nickelsalze nur aus dem neucalledonischen Nickelerze dar, so z. B. die Nickelfabrik von Christofle & Comp. in Saint Denis (Seine). Die Erze, welche in den genannten Fabriken verarbeitet werden, liefert die Société française anonyme de nickel in Paris, (Director Garnier-Marbeau senior, 38 rue de la chaussé d' Antin) und sie enthalten durchschnittlich:

Nickeloxydul	18
Eisenoxyd	7
Magnesia	15
Kieselsäure	38
Wasser	22
	100.

Sie treten im Serpentin auf und besitzen eine schöne graue malachitähnliche Farbe. Letzterer Umstand und die Specksteinähnliche Beschaffenheit der Minerale haben die Veranlassung gegeben, ausgesuchte Stücke des Garnierits unter dem Namen „Numeït" (Nouméite) als Schmuckstein für Broschen, Ohrgehänge u. s. w. zu verarbeiten. Der Numeït ist dicht und kann daher als Schmuckstein den faserigen und atlasglänzenden Malachit nicht ersetzen; dagegen dürfte er neben dem Lapis

1) Dingl. pol. Journ. 1878 Bd. 229 S. 541.

lazuli in der Steinmosaik, und zu Nippessachen noch mannichfache Anwendungen finden können.

Zufolge des Geschäftsberichtes der Victoriahütte zu Naumburg a. B.[1]) hat die Einfuhr von Neucaledonischen Erzen im Jahre 1878 fast vollständig wieder aufgehört, da gegenüber dem großen Vorrath an Nickelmetall neue Absatzwege für dasselbe nicht gefunden sind. In der Schweiz soll indessen die Prägung neuer Nickelmünzen in Aussicht genommen sein.

Herstellung von walzbarem Nickel und Kobalt.[2]) — Bekanntlich erhält man die beiden in ihrem Verhalten so sehr ähnlichen Metalle Nickel und Kobalt sowohl durch galvanische Fällung aus ihren Lösungen, als auch durch Reduction aus den reinen Oxyden ziemlich leicht in einem dehnbaren Zustande. Versucht man dagegen die beiden Metalle unter den gewöhnlichen Umständen zu schmelzen, so erhält man mehr oder weniger poröse und krystallinische Gußstücke, die eine Bearbeitung mit dem Hammer oder ein Auswalzen nicht gestatten, so sehr man sich auch bemüht, einen Ueberschuß von Kohlenstoff oder Sauerstoff bei dem Einschmelzen zu vermeiden.

Durch jahrelange vergebliche Nachforschungen nach der Ursache dieses Mangels an Dehnbarkeit bei den geschmolzenen Metallen kam nun Th. Fleitmann in Iserlohn, wie er der D. chemischen Gesellschaft mittheilte, auf die Vermuthung, daß beim Einschmelzen derselben eine Absorption von Kohlenoxydgas stattfinde, und er suchte nun nach einem Mittel, das Kohlenoxyd in dem Metallbade zu zerstören. Als solches benutzte er zunächst einen Zusatz von Magnesium, von welchem Metalle es bekannt ist, daß es sowohl Kohlensäure als Kohlenoxyd unter Ausscheidung von Kohle zersetzt. Der Erfolg war ein höchst überraschender. Schon der Zusatz von 1/8 Proc. Magnesiummetall verändert gänzlich die Structur der erzielten Gußstücke, die sich nun in der Hitze mit Leichtigkeit hämmern und walzen lassen. Das Nickel zeigt diese Dehnbarkeit auch in der Kälte, während das Kobalt in der Kälte eine große Härte annimmt, die es für Schneidinstrumente wahrscheinlich verwendbar macht. Die Gußstücke zeigen zugleich eine große Dichtigkeit neben einer

1) Zeitschr. f. d. chem. Großgewerbe 1879 S. 52.
2) Deutsche Industriezeitung 1879 S. 149.

dem Gußstahl beinahe gleichkommenden Festigkeit und Zähigkeit, so daß Pferdegeschirre und ähnliche Gegenstände und Formstücke sich daraus darstellen lassen.

Beide Metalle nehmen eine äußerst hohe Politur an und widerstehen vortrefflich der Einwirkung der Atmosphäre. Das Kobalt übertrifft sowohl in Weiße als in Glanz das Nickel, entgegen den Angaben einzelner Lehrbücher. Von den auf solchem Wege dargestellten Nickelgußstücken lassen sich die dünnsten Bleche und Drathsorten erzielen. Die Bleche ertragen die stärksten Proben der Dehnbarkeit.

Es ist Fleitmann auch gelungen, das so erzielte dehnbare Nickel und Kobalt in der Weißglühhitze mit Stahl und Eisen so zusammen zu schweißen, daß Eisen- und Stahlstücke, die auf einer oder auf beiden Seiten mit Nickel oder Kobalt überzogen worden sind, sich zu den dünnsten Nummern auswalzen lassen, ohne daß eine Loslösung der einander formlich durchdringenden Metalle stattfindet.

Ob die Vermuthung, daß die Wirkung des Magnesiumzusatzes in einer Zersetzung des absorbirten Kohlenoxyds bestehe, richtig ist, wird Fleitmann durch fortgesetzte Versuche klarzustellen suchen; denn der erzielte Erfolg läßt natürlich auch andere Erklärungen über die Wirkung des Magnesiums zu.

Ein wesentlicher Procentsatz des zugefügten Magnesiums (in der Regel mindestens die Hälfte) findet sich in der Masse des Metalles vor, und somit ist es ja auch denkbar, daß die kleine Menge des wirklich aufgenommenen Metalles die eigentliche Ursache der gewonnenen Dehnbarkeit des Nickels ist, ähnlich wie gleich geringe Mengen Antimon die entgegengesetzte Wirkung beim Kupfer auszuüben im Stande sind. Mit verschiedenen anderen Metallen wie Mangan, Aluminium, Calcium &c., konnte keine gleiche Wirkung erzielt werden. Bei der großen Verwandtschaft, die das Magnesium zum Stickstoff besitzen soll, wäre es auch möglich, daß der Zusatz desselben eine Zersetzung von geringen Mengen einer Stickstoffverbindung (Cyan) im Nickel bewirkt. Auch bei anderen Metallen scheint ein geringer Zusatz von Magnesium eine auffallende Structurveränderung zu bewirken. Ein grobkörniger Stahl z. B. erhält durch Zusatz von $1/5$ Proc. Magnesium einen feinkörnigen, muschelichen Bruch, während ein ohne solchen Zusatz umgeschmol-

jener diese Veränderung nicht zeigt. Bei den Versuchen muß das Magnesium durch ein Loch im Deckel des Tiegels eingebracht werden, nachdem man vorher durch Zusatz von einigen Stückchen Holzkohle den Sauerstoff entfernt hat, andernfalls hat man heftige Explosionen zu befürchten.

Eisen.

Bessemerproceß. — Kuppelwieser [1]) berichtet über die Fortschritte des Bessemerprocesses, soweit solche auf der Pariser Weltausstellung im Jahre 1878 zu constatiren waren, wie folgt:

Wo es nur möglich erscheint, ist man gegenwärtig bestrebt, das Roheisen in flüssigem Zustand vom Hohofen in den Converter zu bringen, um auf diese Weise die für das Umschmelzen des Roheisens entfallenden Kosten zu ersparen. Es wird möglich, diese zuerst in Schweden und in den österreichischen Alpenländern in Anwendung gebrachte Methode auch an anderen Orten einzuführen, weil man bei Verarbeitung der vorzüglichsten Erze, bei Verwendung der besten mineralischen Brennmaterialien die dazu erforderliche Qualität von Roheisen constant zu erzeugen vermag.

Ein weiteres Bestreben ist dahin gerichtet, auch an dem Brennmateriale, welches zur Erzeugung des Dampfes für den Betrieb der Gebläsemaschinen und Hebevorrichtungen nothwendig ist, möglichst zu sparen.

Am weitesten scheint man in dieser Beziehung in der Hütte zu Givors, welche der Compagnie des Hauts-Fourneaux, Forges & Acièries de la marine et des chemins de fer (dem frühern Etablissement Petin & Gaudet) gehört, gekommen zu sein, indem man daselbst das Roheisen direct vom Hohofen entnimmt und die Hohofengase zur Erhitzung des Windes, sowie zur Dampferzeugung so vollständig ausnützt, daß für die Durchführung des Bessemerprocesses in der That kein weiterer Brennstoff als der, welcher im Hohofen zur Erzeugung des Roheisens erforderlich ist, verbraucht wird, wenn man von den geringen Mengen, welche zum Auswärmen der

---

1) Bericht der öster. Commission über die Weltausstellung in Paris Heft, 1, S. 47.

Converter, zum Trocknen der Pfannen und Rinnen nothwendig sind, absieht.

Bezüglich der Details der Einrichtungen, welche, im Jahre 1875 erbaut, jene Erfolge möglich gemacht haben, sei auf das Original verwiesen.

Aus dem eben Angeführten ist wohl zweifellos zu ersehen, daß es sehr schwer, wenn nicht ganz unmöglich werden dürfte, daß eine der in den letzten Jahren versuchten Methoden der directen Eisen-Erzeugung aus Erzen mit dieser einfachen und billigen Combination des Hohofen- und Bessemerprocesses in Concurrenz zu treten vermag.

Aber auch an jenen Hütten, welche das Roheisen umschmelzen, werden alle Anstrengungen gemacht, um am Brennmateriale zu sparen. Wie sich Kuppelwieser zu erinnern glaubt, brachten Brown, Bagley und Dixon aus Sheffield die Zeichnung eines Winderhitzungs-Apparates mit Gußeisenröhren, welcher, durch die dem Converterhals entweichende Flamme geheizt, den im Cupolofenbetrieb erforderlichen Wind auf 315° C. erhitzen soll. Wenn man in 12 Stunden 20 Chargen zu 8 Tonnen macht, soll die Temperatur des Windes eine nahezu constante und die Ersparung an Brennmaterial eine sehr bedeutende werden. (Es wurde die Erzielung einer Reduction von 400 auf 112 Kilogramm Cokes pro 1000 Kilogramm Stahl angegeben.)

Von besonderem Interesse sind die neueren Versuche aus phosphorhaltigem Gußeisen mittelst des Bessemerprocesses oder des Siemens-Martin'schen Verfahrens einen fast phosphorfreien Stahl zu gewinnen. Hierüber hat Gruner[1]) Bericht erstattet. Wie bekannt erleidet das Eisen nach den bisherigen Erfahrungen beim Bessemern und beim Behandeln im Siemens-Martin'schen Ofen eine Verminderung seines Phosphorgehaltes nicht, und konnten daher bei den beiden genannten Stahlbildungsprocessen phosphorhaltige Eisensorten nicht oder nur in beschränkter Weise Verwendung finden. Man war der Meinung — und insbesondere Lowthian Bell hat die Ansicht ausgesprochen —, daß die bei jenen Processen in Anwendung gebrachte hohe

1) **Bulletin dela Société d' Encouragement 1879 t. 6. Sér. 3, p. 26.**

Temperatur die Entphosphorung verhindere. Die beim Puddelproceß gemachten Erfahrungen ließen indessen Grunert vermuthen, daß die kieselsäurereichen Ausfütterungen der Bessemerbirne und des Siemens'schen Ofens Kieselsäure an die Schlacken abgeben und daß der dadurch bedingte hohe Kieselsäuregehalt der Schlacken verhindere, daß Eisenphosphat in diese übergeführt werde. In der That enthalten die beim Bessemerproceß und beim Siemens-Martin'schen Verfahren fallenden Schlacken wenigstens 45 Proc. Kieselsäure und kaum Spuren von Phosphorsäure.

Versuche die kieselsäurereichen Ofenfutter durch solche von basischer Natur zu ersetzen, sind schon wiederholt gemacht worden. Tessié du Motay fütterte zu Terre-Noire eine Bessemerbirne mit Ziegeln aus Magnesia aus; der hohe Preis der letzteren und anderer Umstände verhinderten indessen die Fortsetzung dieser Versuche. Siemens verwendete zu gleichem Zwecke Bauxit, doch erwies sich auch dieser als unbrauchbar, da der Kieselsäuregehalt desselben in der Regel noch zu hoch ist. Der Anwendung des Kalkes steht die Schwierigkeit entgegen, dem Kalkfutter eine größere Beständigkeit zu geben, Man muß den Kalk durch einen Zusatz die Neigung nehmen. Feuchtigkeit zu absorbiren und während den zwischen den Operationen liegenden Pausen zu zerfallen. Gruner empfahl, ihn durch die Anwendung von Wasserglas widerstandsfähiger zu machen und zwei englische Metallurgen Thomas und Gilchrist gelangten bei Versuchen, die sie in der Hütte Blaenavon bei Pontypool mit Hülfe des von Gruner vorgeschlagenen Mittels anstellten, zum Ziel, erhielten jedoch noch befriedigendere Resultate, als sie Ziegel aus einem etwas thonhaltigen, dolomitischen Kalkstein verwendeten. Der Kalkstein wurde gepulvert und zu Ziegeln geformt; diese wurden stark gepreßt, und bei hoher Temperatur und lange Zeit hindurch gebrannt. Eine in der Ecole des mines zu Paris ausgeführte Analyse der Ziegel ergab folgende Zusammensetzung:

Kieselsäure	12,3 Proc.
Thonerde	11,2 „
Eisenoxyde	1,5 „
Kalk	49,3 „
Magnesia	25,2 „
	99,5 Proc.

die Dichte der Ziegel wurde = 2,80 gefunden. Dieselben waren dicht und hart und erwiesen sich trotz des geringen Kieselsäuregehaltes an der Luft widerstandsfähig. Gruner betrachtet die Masse als aus Silikaten und Aluminaten des Kalkes und der Magnesia bestehend. Die Bessemerbirne wurde mit den Ziegeln ausgekleidet, und um letztere zu schützen wurde dem Gußeisen, welches 1,4 bis 1,5 Proc. Phosphor enthielt, etwas Kalk und Eisenoxyd zugegeben. Bei gut geleiteter Operation enthielt der resultirende Stahl nur 0,0008 Phosphor, während in der Schlacke 15,9 Proc. Kieselsäure und 11,7 Proc. Phosphorsäure gefunden wurden.

Um zu diesem Resultate zu gelangen, darf das Futter nicht über 15 Proc. Kieselsäure enthalten und die basischen Zuschläge müssen in solcher Menge gegeben werden, daß die resultirende Schlacke nicht über 15 bis 20 Proc. Kieselsäure enthält.

Eine von gelungener Operation herrührende, in der Ecole des mines analysirte Schlacke erwies sich wie folgt zusammengesetzt:

Kieselsäure	20,3
Thonerde	3,6
Kalk	30,3
Magnesia	5,3
Eisenoxydul	25,2
Manganoxydul	3,1
Phosphorsäure	11,8
Vanadinsäure	0,4
	100,0

Aus dem Vorstehenden ergiebt sich, daß die hohe Temperatur der Entphosphorung des Eisens nicht hinderlich ist, sofern nur die Schlacken genügend basisch sind. Je höher die Temperatur ist, um so basischer müssen die Schlacken sein.

Krupp's Verfahren zum Entphosphorn des Roheisens. — Auch die basischen Oxyde des Eisens und Mangans vermögen flüssigem Roheisen nicht nur Phosphor sondern auch sonstige etwa darin enthaltene Unreinigkeiten wie Silicium und Schwefel zu entziehen, indem die Eisenoxyde Sauerstoff an den Phosphor und das Silicium abgeben, und die hierbei gebildete Phosphorsäure und Kieselsäure in die Schlacke übergeführt werden. Der Schwefel wird als Schwefelverbindung des Eisens von der Schlacke aufgenommen.

Durch Anwendung manganhaltigen Roheisens oder manganhaltiger Oxyde wird der Angriff der Oxyde auf den Kohlenstoff des Roheisens verzögert, und wird dadurch den Oxyden Zeit gegeben die genannten Verunreinigungen zu verschlacken, das Eisen zu feinen, ohne den Kohlenstoff des Roheisens erheblich zu vermindern.

Krupp[1]) gründet hierauf das folgende ihm patentirte Entphosphorungs-Verfahren, bei welchem das im flüssigen Zustande in Anwendung gebrachte Roheisen zugleich von etwa vorhandenem Silicium befreit, also gefeint wird, nicht aber eine derartige Verringerung des Kohlenstoffgehaltes erfährt, daß die chemische oder physikalische Eigenthümlichkeit des gefeinten Eisens verloren geht. Das Verfahren ist folgendes:

Flüssiges Roheisen, das entweder direct vom Hohofen oder aus einem secundären Schmelzofen abgestochen werden kann, wird in einen rotirenden Ofen geleitet, dessen Futter aus basischen Oxyden des Eisens oder Mangans oder aus einer Mischung von beiden besteht, und in welchen überdies noch solche Oxyde in je nach der chemischen Zusammensetzung des Roheisens verschiedener Menge als Zuschläge eingebracht werden. Dieses Roheisen wird sodann während einer gewissen Zeit bei der nöthigen Temperatur der beschriebenen Reaction ausgesetzt, und wenn der Kohlenstoff anfängt, angegriffen zu werden, abgestochen und von den Schlacken getrennt, worauf es sofort in flüssigem Zustande zu Stahl oder Eisen beliebiger Kohlungsgrade weiter verarbeitet werden kann, indem es von dem Reinigungsofen durch Rinnen oder mittelst einer Pfanne in den Weiterverarbeitungs-Apparat übergeführt wird. Selbstverständlich kann es auch in Masseln gegossen und so zu späterer Weiterverarbeitung aufbewahrt werden.

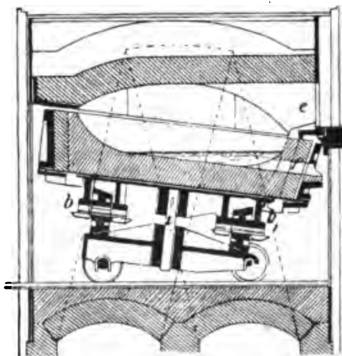
Die Thatsache, daß Krupp ein entphosphortes Product (im Gegensatz zu den bisher üblichen Entphosphorungsmethoden) in durchaus dünnflüssigem Zustande erzeugt, ist von großer praktischer Bedeutung, weil man in diesem Zustande leicht mit großen Massen operiren kann. Es können so größere Mengen Roheisen von mehreren, z. B. fünf Tonnen ohne Schwierigkeit auf einmal gereinigt werden.

---

1) D. R. P. Nr. 4391 v. 2 Juli 1877.

Die beschriebenen Oxyde können in der Form von Eisen- oder Manganerzen oder Hammerschlag oder in irgend welcher sonstigen Form, in denen sie in der Industrie vorkommen, oder speciell für den vorliegenden Zweck künstlich erzeugt werden, zur Anwendung kommen.

Fig. 35.

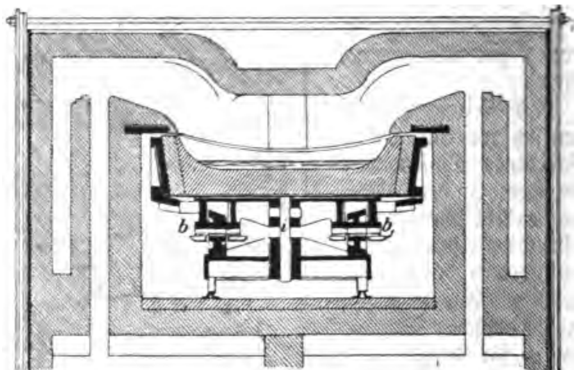


Als Reinigungsöfen lassen sich rotirende Oefen verschiedener Construction verwenden. In den nebenstehenden Abbildungen sind Beispiele derselben in ihren Hauptformen dargestellt. Fig. 35 und Fig. 36 zeigen den Pernot'schen Teller-Ofen,[1]) für dessen Feuerung in der Zeichnung eine Siemens'sche Regenerativfeuerung angenommen ist, die durch jede beliebige andere Feuerung ersetzt werden kann.

1) Der von Pernot construirte Ofen wurde ebenso wie der Danks'sche zunächst als rotirender Puddelofen verwendet. Der Wunsch, beim Puddelproceß die anstrengende Handarbeit durch Anwendung mechanischer Hilfsmittel entbehrlich zu machen, führte zur Construction verschiedener rotirender Oefen, die in dem Danks'schen und Pernot'schen Ofen zwei sehr wichtige Repräsentanten finden. Der Umstand, daß der kreisrunde, tellerförmige Heerd in Pernot's Ofen nicht in einer horizontalen, sondern in einer gegen die Arbeitsthür stark geneigten Ebene rotirt, hat, wie leicht begreiflich, zur Folge, daß ungefähr die Hälfte des Heerdbodens, gegenüber der Arbeitsthür von dem eine horizontale Oberfläche annehmenden geschmolzenen Eisen unbedeckt bleibt. Der vom flüssigen Metall nicht bedeckte Heerdtheil wird von der Flamme unmittelbar erhitzt und infolge der Rotation sofort wieder unter das Metallbad geführt, sodaß die Reaction zwischen dem Metall und dem Heerdfutter verlaufen kann. Der erste nach Pernots Princip etwa im Jahre 1873 auf den Hütten von Petin und Gaudet zu St. Chamond in Frankreich eingerichtete Puddelofen war nur für Chargen von 300 Kilogr. bestimmt; später (vergl. Wagners Jahresbericht 1874 S. 62) empfahl Pernot diese Oefen zur Aufnahme von Chargen zu 800—1000 Kilo einzurichten. Im Pernot'schen Ofen soll der Heerd weniger leiden und leichter zu repariren sein als im Danks'schen.

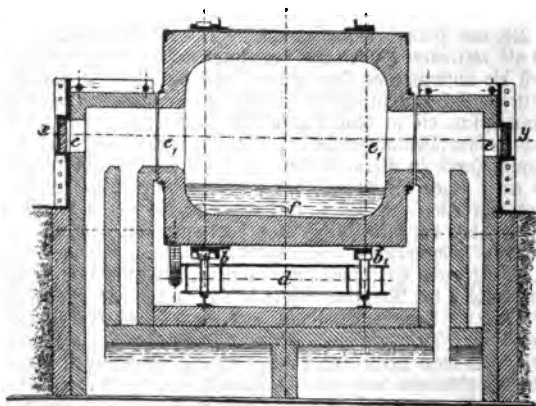
Das Haupterkennungszeichen dieses Ofens ist ein um eine schräge, der Verticalen sich nähernde Axe, die auch ganz in die

Fig. 36.



Verticale übergehen kann, sich drehender tellerförmiger Heerd. Modificationen dieses Ofens in der oben angeführten Richtung

Fig. 37.

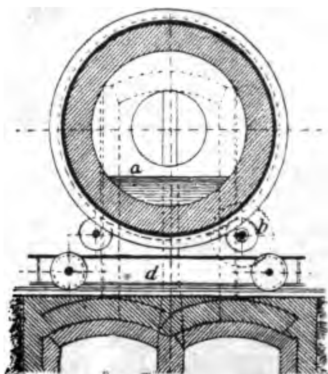


sind die Oefen von Ehrenwerth und Bedson und Williams. Der Heerd ist mit basischen Eisenoxyden oder Manganoxyden aus-

gekleidet. Der durch einen beliebigen Mechanismus drehbare Heerd dreht sich in der Zeichnung auf den Rollen b um einen Zapfen i; Rollen und Zapfen ruhen mit dem Heerd auf einem zur Reparatur des Herdes ꝛc. ausfahrbaren Wagen. Jedoch kann sich der Heerd auch allein auf einem dickeren Zapfen drehen, ohne noch auf Rollen zu ruhen und braucht nicht ausfahrbar zu sein. Das Füllen des Ofens geschieht durch eine Rinne, die in die Thür e eingeführt, das Entleeren durch den Abstich f.

Fig. 37 bis 39 zeigen zwei Oefen die mit dem Danks'schen Ofen [1]) große Aehnlichkeit haben und deren Hauptkennungszeichen ein um eine Axe drehbarer, in sich geschlossener Heerd ist, der mit basischen Eisenoxyden oder Manganoxyden ausgekleidet ist. Die Oefen Fig. 37 und Fig. 38 unterscheiden sich dadurch, daß ersterer eine durch den Ofen ziehende Feuerung hat, während letzterer durch eine zurückkehrende Feuerung geheizt wird. Bei beiden Oefen ruht der Heerd a mit den Gleitringen b und b¹, von denen b gleichzeitig als Zahnrad zum Drehen angenommen ist, auf Leitrollen, die auf einem zur Reparatur ausfahrbaren Wagen d gelagert sind. Die Drehung des Ofens um die Axe xy erfolgt auf beliebige Art. Das Füllen des Ofens erfolgt

Fig. 38.

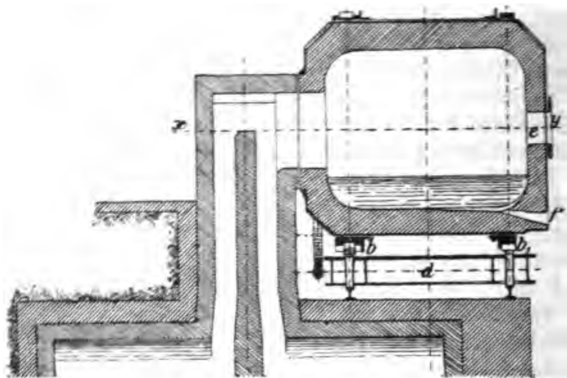


1) Der Danks'sche Puddel-Ofen (vergleiche die vorhergehende Anmerkung) hat nach und nach verschiedene Abänderungen erfahren. In diesem Ofen, der u. a. in Wagners Jahresbericht (1872 S. 60) abgebildet ist, hat der um eine horizontale Axe rotirende, cylindrische Heerd an der einen Seite Anschluß an einen feststehenden Feuerraum, an der andern Seite an einen beweglichen, rechtwinklich abgebogenen Fuchscanal, welcher die Verbindung zwischen dem rotirenden Heerd und dem Schornstein herstellt. Nachdem der Fuchs bei Seite geschoben dient die Oeffnung des Heerdes, durch welche dieser vorher mit dem Schornstein communicirte, als Einsatzthür, sowie beim Puddeln zum Ausziehen der Luppen.

mittels einer durch die Thüren e resp. e' eingeführten Rinne, das Entleeren erfolgt durch den Abstich f. Der Heerdkörper braucht keinen kreisförmigen Querschnitt zu haben, der Querschnitt kann vielmehr der besseren Mischung wegen beliebig variirt werden.

Als Feuerung ist in der Zeichnung eine Siemens'sche Regenerativfeuerung angenommen, die durch jede beliebige vorgelegte Feuerung ersetzt werden kann. Die Axe xy kann man auch schräg legen. Wenn man das Futter so anordnet, daß es mit der Drehaxe xy nicht concentrisch ist, sondern der besseren Durcharbeitung des Eisens wegen gegen dieselbe diver-

Fig. 39.



girt, und wenn man auf die eine Seite des Heerdes eine auf Rädern fahrbare Feuerung, auf die andere Seite eine feste Esse legt, so entsteht der Ofen von Menelaus. Läßt man bei derselben Feuerung die Axe xy wieder mit der Axe des Heerdes zusammenfallen, so entsteht der Ofen von Anthony Bessemer, während Danks Ofen entsteht, wenn man die Feuerung feststehend anordnet. Der Heerd des Ofens braucht nicht auf einem Wagen zu ruhen, er kann auch festgelagert sein, oder man kann den Heerd kippbar machen, so daß er nur seine Lage, nicht seinen Ort zu verändern braucht, wie bei Morgan's Ofen. Auch kann man aus denselben Gründen den Heerd um eine ver-

ticale Axe drehbar machen, wie bei Seller's Ofen. Auch der bekannte Godfrey und Howson'sche Puddelofen, bezüglich dessen Abbildung auf die citirte Patentschrift verwiesen werden möge, kann in Anwendung gebracht werden.

Das Einlassen des Roheisens in den Reinigungsofen erfolgt, nachdem die Temperatur desselben so weit gesteigert ist, daß die das Futter bildenden Oxyde zu schmelzen anfangen und die als Zuschläge eingebrachten Materialien zusammen gesintert sind. Die Zeit, während welcher das Roheisen der Reaction ausgesetzt wird, ist je nach der chemischen Constitution und der Menge des zu reinigenden Roheisens verschieden. Bei einer Charge von 5 Tonnen beträgt sie circa 5 bis 15 Minuten. Wenn das Roheisen keinen allzu hohen Procentsatz von Phosphor und den genannten anderen Unreinigkeiten hat, werden dieselben während dieser Zeit fast vollständig entfernt, ehe der Kohlenstoff angegriffen wird. Ist der Procentsatz ein höherer, so werden dieselben wenigstens bedeutend reducirt. Der Zeitpunkt, wenn die Reaction unterbrochen werden muß, läßt sich sehr leicht und mit Sicherheit bestimmen. Sobald der Kohlenstoff des Roheisens angegriffen wird, macht sich dies dem Auge durch Blasenwerfen des Metalles beziehgsw. der Schlacke in sehr charakteristischer Weise bemerklich. Nach dem Eintritt dieses Blasenwerfens wird das Roheisen abgestochen und von der Schlacke getrennt. Auf diese Weise wird der Kohlenstoffgehalt des Roheisens nur in unerheblichen Maße alterirt; das Roheisen behält vollständig die chemische und physikalische Eigenthümlichkeit eines gefeinten Eisens, und es wird namentlich seine Flüssigkeit nicht beeinträchtigt.

Die Trennung des Roheisens von der Schlacke, welche die Unreinigkeiten in sich aufgenommen hat, und welche von bedeutend geringerem specifischen Gewichte ist, läßt sich auf verschiedene Weise leicht bewirken. Wenn das gereinigte Metall durch Rinnen abgeführt wird, so läßt sich die Schlacke unterwegs abfangen; wenn es in eine Pfanne abgestochen wird, so kann es unter Zurücklassung der Schlacken durch den Boden der Pfanne abgezapft werden.

Die Weiterverarbeitung des flüssigen Products zu Stahl, Flußeisen und ähnlichen Endproducten kann auf irgend eine der bekannten Methoden der Eisen- oder Stahlerzeugung, z. B.

im Siemens-Martin-Ofen, im Puddel-Ofen oder auch mit den nöthigen Zuschlägen von hochsilicirtem oder manganhaltigem Roheisen im Bessemer-Converter geschehen.

Da von den Gegnern der Patentertheilung behauptet worden war, daß eine Entphosphorung ohne Entkohlung nicht möglich sei, so begaben sich A. W. Hofmann und H. Wedding im Auftrage des deutschen Patentamtes an Ort und Stelle, um sich von der Richtigkeit der Angaben zu überzeugen. Nach dem vorliegenden Bericht[1]) wurde (auf Anregung des Ingenieurs Narjes) am 16. März 1877 von Krupp die erste Entphosphorung mit 4 Tonen Eisen ausgeführt.

Das Verfahren auf der Hütte in Essen war sehr einfach. Das Roheisen wurde im Cupolofen geschmolzen und in den in Fig. 35 abgebildeten Pernot'schen Ofen mit Generatorgasfeuerung abgestochen. Derselbe hat einen äußern Herddurchmesser von 3,75 M., eine lichte Weite von 3 M. eine äußere Bordhöhe von 0,9 M. und eine lichte Tiefe von 0,61 M.; die Neigung ist 1 : 10. Der Herd ist mit ebenem Boden und etwas gerundeter Kante aus Eisenerzen etwa 0,29 M. dick bei hoher Temperatur aufgeschmolzen und wird vor jeder Hitze mit 700 bis 800 Kil. Erz beschickt, welches ebenfalls bis zu starker Sinterung erhitzt wird, ehe das aus dem Cupolofen abgestochene Eisen einfließt. Die Temperatur ist also (im Gegensatze zu Bell) starke Weißglut. Anfangs macht der durch eine Dampfmaschine bewegte Ofen 2, bald 5 Umdrehungen in der Minute. Nach etwa 5 (höchstens 10) Minuten ist die Entkieselung und Entphosphorung vollendet und der Beginn eines Blasenwerfens mit Kohlenoxydflämmchen zeigt den Eintritt der Entkohlung, worauf sofort der Abstich in die vorgewärmte Pfanne erfolgt, welche das gereinigte Eisen in flüssiger Form zu den Flammöfen führt, wo in üblicher Weise die Entkohlung durch Erze, die Desoxydation durch Mangan bis zum gußfertigen Flußeisen oder Stahl erfolgt.

Bei drei mit verschiedenen Roheisensorten ausgeführten Operationen wurden vor und nach der beschriebenen Entphosphorung je 2 Proben entnommen und von Professor Finkener untersucht; dieselben enthielten Procent:

1) Dingl. pol. Journ. 1879 Bd. 233 S. 44 nach den Verhandlungen des Vereins zur Beförderung des Gewerbfleißes, 1879 S. 201.

	Kohlenstoff I.	Kohlenstoff II.	Phosphor I.	Phosphor II.
1) Vor dem Proceß	3,99	3,98	0,632	0,629.
Desgl. nach demselben	3,75	3,77	0,131	0,133.
2) Vor dem Proceß	3,81	3,78	0,450	0,445.
Desgl. nach demselben	3,56	3,57	0,108	0,106.
3) Vor dem Proceß	3,17	3,16	1,223	1,218.
Desgl. nach demselben	3,02	3,04	0,303	0,301.

Hiernach erscheint es unzweifelhaft, daß es nach dem Krupp'schen Verfahren gelingt eine Entphosphorung des Eisens zu bewirken, ohne gleichzeitig eine Entkohlung desselben zu veranlassen.

Kupfer.

Zusammensetzung der gegenwärtig in Frankreich gebräuchlichen Broncemetalle.[1]) Die große Zahl der vorhandenen Broncelegirungen macht es nöthig, genau zu unterscheiden, welche von diesen für die besonderen Zwecke, selbst für die verschiedenen Theile einer Maschine am besten zu verwenden sind. Gegenwärtig werden allgemein gebraucht für:

	Kupfer	Zinn	Zink
Pumpenstöcke, Röhren, Ventile, Hähne 2c.	88	12	2
Excenterringe	90	10	2
Kanonlafettenlager (halbharte Bronce)	86	14	2
Glockenguß	78	22	0
Antifrictionsbronce . . . . 8 Antimon	4	96	0
Waggonsachsenlager	82	18	2
Locomotiven Schmier-Stopf-Büchsen	84	16	2
Locomotiven-Schieber	82	18	2
Locomotivenhähne	82	18	2
Wasserleitungshäne	88	12	2

Die halbharte aus 86 Th. Kupfer, 14 Th. Zinn und 2 Th. Zink zusammengesetzte Bronce wird in Frankreich, als die am wenigsten poröse, besonders da benutzt, wo starke Reibungen vorkommen, wie bei Kanonenlafettenlagern, bei Hähnen und bei Saug-, Druck- und Luftcompressions-Pumpen. Auch für die Cylinder kleinerer hydraulischer Pressen, wird diese Komposition verwendet. Sie eignet sich ebenso zu Kanonenmetall, nur darf sie dann kein Zink enthalten. Uebrigens

1) Deutsche Metall-Industriezeitung 1878 S. 582.

richtet sich hier die Mischung nach dem Kaliber der Kanonen. Für 8—12 pfündige Geschütze werden auf 100 Th. Kupfer, 8—9 Th. Zinn, für größere, stärkere Kaliber 11—13 Th. Zinn genommen.

Die Phosphorbronce und ihre Verwendung[1]). Gelegentlich der Pariser Ausstellung haben H. de Ruolz und A. de Fontenay, die bekanntlich gegenüber Dr. Küntzel und Montefiore=Lévy die Erfindung der Phosphorbronce für sich beanspruchen, nähere Mittheilungen über die von ihnen zur Darstellung dieser Legirung angewendeten Methoden &c. gemacht. (Vergl. dies. Jahrbuch Bd. XII, S. 393 und Bd. XIII, S. 398). Seit Beginn des Jahres 1853 haben Ruolz und Fontenay, wie sie u. A. sagen die Phosphormetalle technisch zu verwenden gesucht. Wegen seiner großen Verwandtschaft zu allen Metallen, namentlich den gewöhnlichen, schien ihnen der Phosphor geeignet, die Schmelzung der Legirungen zu erleichtern und dieselben homogener zu machen. Es ergab sich auch, daß der Schmelzpunkt der schwerschmelzbaren Legirungen durch einen Phosphorzusatz bedeutend herabgezogen wurde, sodaß an Brennmaterial erspart wurde und in Folge des dünnflüssigen Zustandes der geschmolzenen Legirung schärfere Güsse erhalten wurden. Seit den ersten Versuchen wurde als Träger des Phosphors zur Einführung in die Legirungen das Kupfer benutzt, das ja an sich schon einen Bestandtheil der meisten technisch verwendeten Legirungen bildet. Das Phosphorkupfer ist auch eine sehr beständige Legirung und das Kupfer bleibt mit einem hohen Phosphorgehalt auch bei sehr lang andauernder Schmelzung verbunden. Das Phosphorkupfer wird in Graphittiegeln hergestellt, die 8 bis 10 Schmelzungen aushalten und in 24 Stunden 10 bis 12 Kg. liefern. Der Preis des Phosphorkupfers mit 9% Phosphor stellt sich auf höchstens 4 Mk. pro Kg. Verwendet werden Kupferdrehspäne aus dem Locomotivbau oder speciell dazu hergestellte Hobelspäne von bestem Kupfer; dieselben müssen so regelmäßig wie möglich, weder zu fein noch zu grob sein. Der Phosphor wird als Phosphorpasta (saures Phosphat von syrupartiger Consistenz, mit 1/5 seines Gewichts Kohle gemengt und zur Dunkelroth=

1) Deutsche Industriezeitung 1879 S. 13.

gluth erhitzt) eingeführt. Der gewöhnliche Satz pro Tiegel ist folgender:

9¾	Kg.	Kupferdrehspäne,
6	„	Phosphorpasta,
¾	„	Holzkohle,
1½	„	erschöpfte Phosphorpasta von einer früheren Operation.
18	Kg.	

Das Ganze wird innig zusammengemengt und so in den Tiegel gebracht, daß es denselben vollständig ausfüllt. Das am Morgen entzündete Feuer wird langsam und allmälig zu der Temperatur gesteigert, die dem teigigen Schmelzzustande des Kupfers entspricht; in diesem verbindet sich das Kupfer am leichtesten und vollständigsten mit dem Phosphor, der sich aus dem Tiegelinhalt entwickelt. Auf derselben Temperatur wird das Feuer etwa 16 Stunden lang erhalten, worauf man es allmälig abnehmen und erlöschen läßt. Ist der Proceß gut durchgeführt worden, so findet man nach dem Erkalten das Phosphorkupfer in Körnern durch die kohlige Masse zerstreut. Diese Masse wird gesiebt, gewaschen und das Phosphorkupfer getrocknet und zu Barren umgeschmolzen. Zu letzterm Zweck vereinigt man das Product von 50 Tiegeln, also circa 500 Kg.; mischt dasselbe möglichst innig und schmilzt dann in offenen Graphittiegeln von 25 Kg. Inhalt bei etwas über Kirschrothhitze. Gegossen wird in gußeisernen Formen. Von jedem Tiegel wird ein Probestab von circa ½ Kg. Gewicht für sich gegossen; diese Stäbe werden entweder für sich untersucht oder es werden gleiche Mengen von ihnen zusammengeschmolzen, so daß man je nach der erforderlichen Genauigkeit Durchschnittswerthe erhält. Das so dargestellte Phosphorkupfer mit durchschnittlich 9% Kupfer ist so beständig, daß der beim weitern Umschmelzen eintretende Phosphorverlust für die Praxis vernachlässigt werden kann.

Da die Bestimmung des Phosphorgehalts von Legirungen oft schwierig ist, so empfiehlt es sich, nur Phosphorkupfer von genau bekanntem Gehalt zu verwenden, da man die zugeführte Phosphormenge auch nach fast beliebig oft wiederholten Umschmelzungen als wirklich in der Legirung vorhanden betrachten kann. Die Bestimmung des Phosphors im Phosphorkupfer läßt sich ohne Schwierigkeit und in der Zeit von

einigen Stunden mittelst reinen Zinnes durchführen. Man setzt nämlich zu dem zu untersuchenden Phosphorkupfer mindestens 10 mal soviel reines Zinn, als die Menge der durch Oxydation des Phosphorkupfers muthmaßlich entstehenden Phosphorsäure beträgt, behandelt mit concentrirter Salpetersäure im Ueberschuß, erhitzt 2 bis 3 Stunden lang und verfährt dann wie gewöhnlich zur Bestimmung des Zinnes in Form von Zinnoxyd. Das Zinn nimmt beim Uebergang in Zinnoxyd alle Phosphorsäure auf, die durch Umwandlung des Phosphorkupfers in Phosphat entsteht. Zieht man dann vom Gewicht des geglühten und warm gewogenen Rückstandes das Gewicht des Zinnoxyds ab, welches dem zugesetzten Zinn entspricht, so erhält man das Gewicht der Phosphorsäure und daraus den Gehalt des Phosphorkupfers.

In Folge sehr zahlreicher Erfahrungen ist der Phosphorzusatz zu Legirungen auf sehr enge Grenzen beschränkt worden; außer für Legirungen, deren specieller Zweck ungewöhnlich leichte Schmelzbarkeit oder große Härte erfordert, beträgt derselbe nicht mehr als 0,1 bis 0,3%. Einige Beispiele von Legirungen, wie sie z. B. im großen Maßstabe von der Orléans-Bahn verwendet werden, sind die folgenden, und zwar hat die Erfahrung gelehrt, daß man sich von den angegebenen Verhältnissen nur sehr wenig entfernen darf.

			3.		
	1.	2.	a	b	4.
Phosphorkupfer mit 9% Phosphor	3,50	3,50	2,50	1,50	3,50
Kupfer	77,85	74,50	72,50	73,50	83,50
Zinn	11,00	11,00	8,00	6,00	8,00
Zink	7,65	11,00	17,00	19,00	3,00
	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

Die Legirung Nr. 1 ist die für Dampfschieber von Locomotiven, wie deren Ende 1877 2116 Stück in Verwendung waren, Nr. 2 die für Pleuelstangenlager, Nr. 3 a und b sind zwei Legirungen für Lager von Wagenachsen (an derartigen Achsenlagern Nr. 2 und 3 waren Ende 1877 25,800 Stück in Verwendung) Nr. 4 endlich ist eine Legirung für Kolbenstangen von hydraulischen Pressen und überhaupt für Gegenstände, die große Zähigkeit besitzen müssen.

Ein Vergleich der obigen Legirungen mit gewöhnlicher

Bronce, die 84% Kupfer, 13 bis 14% Zinn und 2 bis 3% Zink enthält, zeigt, daß der Zinkgehalt der ersteren bedeutend größer ist und diesem Umstand werden zum Theil deren charakteristische Eigenschaften zugeschrieben, da Zink sich viel besser mit dem Kupfer verbindet als Zinn und zur vollständigen Gleichartigkeit der Legirung beiträgt.

Weiter sind noch Versuche mit folgenden Legirungen angestellt worden:

	5.		6.	7.	
	a	b		a	b
Phosphorkupfer m. 9% Phosphor	2,20	1,10	2,20	2,20	1,10
Kupfer	75,50	76,90	64,80	97,80	98,90
Zinn	22,00	22,00	33,00	—	—
	100,00(?)	100,00	100,00	100,00	100,00

Nr. 5 a und b eignet sich für Glocken und Klingeln, sie hat hellern und stärkern Klang als gewöhnliches Glockenmetall; Nr. 6 eignet sich für Spiegel und Telescope, sie nimmt sehr schöne Politur an und ist weißer als gewöhnliches Spiegelmetall. Nr. 7 a und b kann zum Ersatz der Kupferdruckplatten dienen; für das Aetzen hat sie den Vortheil, daß sie durch die Säure lebhafter angegriffen wird, und für die Arbeit mit dem Stichel den, daß sich die Späne scharf lösen.

Phosphorlagermetall 1). Die vorzüglichen Resultate, die mit Phosphorzinn dargestellte Bronzen ergaben, haben die Verwaltung der Graupener Zinnwerke, welche seit Anfang 1877 zuerst Phosphorzinn, dann Phosphorkupfer im Großen darstellen ließ und in den Handel gebracht hat, veranlaßt, eingehende Versuche über die Verbesserung von Weißmetallen durch Einführung von Phosphor anzustellen.

Es ist ihr nach längeren Versuchen gelungen ein Weißmetall, Phosphorlagermetall, darzustellen, das allen Anforderungen, die man an ein Lagermetall stellen darf, entspricht. — Während diese Legirung bei außerordentlicher Zähigkeit und Widerstandsfähigkeit gegen größere Belastungen gerade den Härtegrad besitzt, der erforderlich ist, um der Abnutzung durch Reibung erfolgreich zu widerstehen und ebenso die Wellen- und Achszapfen in möglichster Weise zu schonen, bietet es fast absolute Sicherheit gegen das Warmlaufen der Lager.

1) Deutsche Metall-Industriezeitung 1878 S. 547.

Die Berg- und Hüttenverwaltung der Königshütte in Oberschlesien hat mit diesem Metall seit Ende 1877 Versuche angestellt und es unter Anderem zu den Lagern der Schwungradwellen einer 120 Pfkr. Dampfmaschine beim Bahnschienenwalzwerk in der Alvenslebenhütte und bei einer 1000 Pfkr. Bessemer Gebläsemaschine verwendet. In diesen Fällen hat sich das Phosphorlagermetall gegenüber den bisherigen Rothgußlegirungeu so vorzüglich bewährt, daß das genannte hervorragende Etablissement die letzteren allgemein durch Phosphorlagermetall ersetzt. Ebenso hat sich die Oberschlesische Eisenbahnbedarfs-Aktiengesellschaft zu Zawadzki auf Grund eines längeren Versuchs an einer Grobstrecke über das Metall sehr befriedigt ausgesprochen, während auf Borsigwerk, das bekanntlich die schwersten Walzen in Oberschlesien besitzt, das Phosphorlagermetall gegenüber den bisher dort angewendeten Lagern so gute Dienste geleistet hat, daß dasselbe nunmehr auch dort zu dauernder Einführung gelangt ist. Desgleichen haben die Herren Gebr. Brüninghaus u. Co. in Werdohl dieses Metall auf Grund eingehender Versuche als ein selbst den höchsten an ein Lagermetall zu stellenden Ansprüchen entsprechendes bezeichnet. Das Phosphorlagermetall schmilzt bei 400° C. und hat die Vorzüge des Roth- und Weißgusses in glücklichster Weise in sich vereinigt. Es kann überall da mit Vortheil angewendet werden, wo man bisher nur Rothguß in Anwendung bringen zu können glaubte, selbst da, wo die Lager in staubigen Räumen arbeiten und, wenn sie aus Rothguß bestehen, dem Verschließen stark ausgesetzt sind.

Die Einfachheit der Manipulation beim Eingießen der Lagerschalen macht das Weißmetall nicht minder empfehlenswerth. Die Welle wird in der richtigen Lage fixirt, die beiden Seiten des Lagers mit Brettchen oder Pappe geschlossen und mit Lehm verschmiert, zur Vorsicht noch mit Sand umstampft und alsdann gießt man das leichtflüssige Metall einfach um die Welle. Das erkaltete Gußstück wird mit geringer Mühe geputzt, das Schmierloch gebohrt und das Lager ist in kurzer Zeit zum Gebrauche fertig. Es entfallen also alle Kosten für das Modell, für das Einformen, Ausdrehen und Einpassen.

In den Fällen, wo es nicht möglich ist, die Lager um die Welle zu gießen, und wo das Modell in Sand abgeformt

werden muß, werden jederzeit correkte und fehlerlose Abgüsse bei Anwendung des Metalls erhalten werden, wenn man der Dünnflüssigkeit des Metalls entsprechend größere Eingüsse giebt, als bei Rothguß und Eisen. In eiserne Formen gegossen, füllt das Metall vermöge seiner Dünnflüssigkeit dieselben so vollkommen aus, daß die Gußstücke ohne weitere Bearbeitung in Benutzung genommen werden können. Es empfiehlt sich daher dieses Metall in allen den Etablissements zum Selbstgießen der Lager in eisernen Formen, wo zahlreiche Lager von gleichem Modell in Thätigkeit sind. Dieselben stellen sich nicht allein in der ersten Anschaffung erheblich billiger als in irgend einem anderen Metall ausgeführt, sondern empfehlen sich auch durch weitaus größere Haltbarkeit und die durch das Wiedereinschmelzen abgängig werdender Lager sich ergebende bedeutende Ersparniß.

In Norddeutschland hat die Firma Jacob Ravené Söhne u. Comp. in Berlin den Vertrieb dieses Phosphorlagermetalles übernommen.

Die Verwendung des Phosphorkupfers bei der Kupferraffination. Die Entfernung eines schädlichen Sauerstoffgehaltes im Garkupfer wird bekanntlich vielfach durch das sogenannte Polen bewirkt. Dies besteht darin, daß man das flüssige Kupfer mit einer Schicht Holzkohlenpulver bedeckt und mittelst einer Holzstange einem andauernden Umrühren (poling) unterwirft. Hierbei entwickeln sich Gase (Kohlenoxyd, Wasserstoff, Kohlenwasserstoff), welche vom Kupfer nach Entfernung des Sauerstoffs absorbirt werden und das Raffinat mehr oder minder porös machen, was namentlich dessen Dehnbarkeit in der Kälte beeinträchtigt. Um den Einfluß dieser absorbirten Gase nicht zu groß werden zu lassen, läßt man beim Raffiniren absichtlich etwas Sauerstoff im Kupfer, vermeidet aber dadurch die Gasabsorption und somit die Porosität doch nicht ganz, während letztere beim überpolten, d. h. ganz von Sauerstoff befreiten Kupfer stärker hervortritt. Die Porosität wird vermieden werden, wenn sich überhaupt keine absorbirbaren Gase entwickeln. Man hat daher, wie Hampe[1]) mittheilt, im Mansfelder Revier, und zwar mit

1) Dingl. pol. Journ. 1876 Bd. 221 S. 188.

gutem Erfolg, versucht, das Raffiniren des Kupfers durch einen Zusatz von Phosphor zu bewirken, von welchem zu erwarten war, daß er sich mit dem Sauerstoff verbinden und in ein schmelzbares Kupferphosphat übergehen werde. Da beim Aufwerfen des Phosphors auf das Metallbad mehr oder weniger davon verbrennt, so vermuthete schon Hampe, daß eine Verwendung von Phosphorkupfer statt des Phosphors Vortheile gewähren werde. Rößler[1]) in Darmstadt theilt nun mit, daß nach einem Berichte von W. Weston das Phosphorkupfer zu genanntem Zwecke in dem Chatam Dockyards seit einer Reihe von Jahren mit bestem Erfolge verwendet wird, und daß er sich infolge dessen die Frage vorgelegt, ob das im Handel vorkommende Phosphorkupfer hierbei Verwendung finden könne, und welchen Kostenaufwand die Benutzung desselben verursache. Rößler fand in der Hütte von Carl Schreiber in Burbach Gelegenheit hierüber Versuche anzustellen. Er überzeugte sich, daß bei Einwirkung des Phosphorkupfers auf oxydhaltiges Kupfer eine leichtflüssige braunrothe Schlacke gebildet wird, deren Zusammensetzung der Formel Cu_2O, P_2O_5 entspricht ($6 Cu_2O + 2 P = 10 Cu + Cu_2O, P_2O_5$. Hiernach würden 31 Theile Phosphor die Entfernung von 48 Theilen Sauerstoff bewirken können. Rößler fand aber bei seinen Versuchen, daß dem oxydulhaltigen Kupfer durch den Zusatz von Phosphorkupfer thatsächlich mehr Sauerstoff entzogen wurde, als diesem Verhältniß entspricht, und wurde daher zu der Vermuthung geführt, daß das ursprünglich gebildete Kupferoxydul unter dem Einfluße der reducirenden Flamme beziehentlich der Holzkohle (das schmelzende Kupfer war mit einer Holzkohlenschicht bedeckt) eine Reduction erfahre, und daß das somit regenerirte Phosphorkupfer seine Wirkung wiederholt ausgeübt habe. Rößler glaubt daher annehmen zu dürfen, daß die Menge des Phosphorkupfers, welche dem oxydhaltigen Kupfer zuzusetzen ist, in einer stöchiometrischen Beziehung zu dem Sauerstoffgehalt des letzteren nicht zu stehen habe, daß vielmehr die erforderliche Minimalmenge des anzuwendenden Phosphorkupfers durch die Praxis ermittelt werden müsse. Er ist der Ueberzeugung, daß das in Anwendung zu bringende Quantum an Phos-

1) Dingl. pol. Journ. 1879 Bd. 233 S. 48.

phorkupfer der Verwendung des letzteren in ökonomischer Beziehung ein Hinderniß nicht in den Weg legen werde, zumal die von den Gußstücken abspringende Schlacke gesammelt und Phosphorkupfer aus ihr regenerirt werden könne.

Kupfermangan. — In ganz ähnlicher Weise wie das Phosphorkupfer wird nach Kupelwieser[1]) Prof. an der Bergakademie in Leoben, auch das Kupfermangan beim Raffiniren des Kupfers und bei Herstellung verschiedener Kupferlegirungen verwendet. Da Mangan eine größere Verwandtschaft zum Sauerstoff als Kupfer besitzt, vermag das Kupfermangan gegenüber sauerstoffhaltigem Kupfer und Kupferlegirungen eine gleiche Rolle zu spielen, wie sie nach der vorhergehenden Mittheilung dem Phosphorkupfer zugeschrieben wird.

Zu dem genannten Zwecke bringt Pierre Manhes, Besitzer der Kupferhütten zu Bedennes (Vaucluse) unter dem Namen Cupro-Manganèse eine in Paris ausgestellte Mangan-Kupfer-Legirung in den Handel (Verkaufspreis circa 5 Franc pro Kilogramm), welche an der Oberfläche einen starken Glanz, im Bruche ein sehr feines Korn und eine blaßgraue Farbe hat. Dieselbe besteht aus 25 Proc. Mangan und 75 Proc. Kupfer und wird durch eine gleichzeitige Reduction, sowie ein darauf folgendes Einschmelzen eines Gemenges von oxydirten Kupfer- und Manganerzen erhalten.

Zahlreiche Versuche haben gezeigt, daß das mittelst Mangan affinirte Kupfer vollkommen homogen ist, auch nicht die geringsten Höhlungen zeigt und daß sowohl das Kupfer sowie die Metall-Legirungen eine ungleich höhere Festigkeit, Zähigkeit und Schmiedbarkeit, als das Kupfer und dessen Legirungen gewöhnlich besitzen, zeigen.

Bezüglich der Verwendung des Kupfermangans giebt Manhes folgende Regeln. Bei der Zusammensetzung und dem Einschmelzen der zu erzeugenden Metall-Legirung sind die gewöhnlichen Vorsichtsmaßregeln anzuwenden, und erst von dem Momente an, in welchem die Legirung eingeschmolzen ist, muß man folgende Regeln beobachten:

---

1) Bericht der k. k. österr. Commission über die Weltausstellung in Paris im Jahre 1878 Heft 1 S. 172.

Man muß das Metallbad mit einer Holzkohlenlösche bedecken, der eine kleine Menge von alkalischen Flußmitteln, wie Natriumcarbonat oder Borax ꝛc., zugesetzt wird. Die Holzkohlenlösche soll die Oxydation durch atmosphärische Luft verhindern, die Flußmittel haben die Aufgabe, das durch Reduction der andern Metalle entstehende Manganoxyd zu verschlacken.

Man läßt in das Metallbad die erforderliche Menge von Kupfermangan langsam hineingleiten, steigert hierauf die Temperatur für einige Zeit, damit die Schmelzung eine vollständige werde, rührt energisch durch, um eine innige Berührung der einzelnen Theilchen zu erzielen. Nach einer kurzen Ruhe schreitet man zum Guß. Es ist zu empfehlen, das Kupfermangan unter einer Kohlendecke in einem Graphittiegel einzuschmelzen und dasselbe geschmolzen der Metall-Legirung zuzufügen, damit eine Abkühlung des Metallbades vermieden werde.

Das mit Kupfermangan gereinigte Kupfer soll zur Verkleidung der Schiffe ungleich besser geeignet sein, als ordinäres Kupfer, weil sauerstofffreies Kupfer weniger leicht vom Meerwasser angegriffen werden soll.

Zu bemerken ist, daß Bronze, welche mehr als 10 Proc. Zinn enthält, durch Behandlung mit Kupfermangan leicht brüchig wird. Der Mangangehalt soll in der Bronze 1 Proc. nicht übersteigen.

Nach den von P. Manhes gemachten Versuchen erzielt man die besten Resultate, wenn man folgende Mengen von Kupfermangan in Anwendung bringt.[1])

3 bis	4	Kilogramm	Kupfermangan	für	100	Kilogramm	Bronze.
0,25	1	„	„	„	100	„	Messing.
0,25	1,2	„	„	„	100	„	Kupfer.

Bezüglich der Resultate, welche vergleichende Versuche über die Zugfestigkeit von gewöhnlicher Bronze und mit Kupfermangan gereinigter Bronze ergeben haben, sei auf das Original verwiesen.

1) Die Menge des zuzusetzenden Kupfermangans muß richtiger nach der Menge des in den Metall-Legirungen enthaltenen Kupferoxyduls bestimmt werden.

Neu entdeckte Elemente.

Philippium und Decipium. — Marc Delafontaine[1]) hat im Samarskit zwei neue Elemente aufgefunden. Er nennt das eine nach Philipp Plantamour „Philippium" das andere „Decipium". Beide sind dem Yttrium, Erbium und Terbium ähnlich. Das Atomgewicht des Philippium liegt zwischen 90 und 95. Das ameisensaure Philippium krystallisirt leicht in kleinen glänzenden rhomboidalen Prismen und ist weniger löslich als das entsprechende Yttriumsalz. Die salpetersaure Lösung des Decipiums giebt im violeten und blauen Theile des Spectrums 3 Linien. Eine derselben (die am stärksten gebrochene), welcher die Wellenlänge 416 entspricht, unterscheidet sich bestimmt von den benachbarten des Philippiums, Didyms und Terbiums.

Mosandrum. — J. L. Smith[2]) glaubt ein dem Cer ähnliches Metall in einem amerikanischen Columbit entdeckt zu haben, welches er Mosandrum nennt. Nach Marignac's Untersuchungen[3]) ist Mosandrum indentisch mit Erbium.

Ytterbium und Scandium. — Mit diesem Namen (von Ytterby und Scandinavien abgeleitet) sind zwei neue dem Terbium ähnliche im Gadolinit aufgefundene Elemente belegt worden, ersteres entdeckte C. Marignac[4]) letzteres L. F. Nilson.[5])

Anilinfarbenindustrie.[6])

Ein Glanzpunkt unter den Culturfortschritten unserer Zeit ist die Theerfarbenindustrie. Voll Bewunderung blicken wir auf die in kaum einem Vierteljahrhundert vollzogene so fruchtbringende Entwicklung einer Industrie, welche nicht nur reiche Quellen des Nationalwohlstandes, sondern auch immer neue Schätze des Wissens erschließt und hohe geistige Befrie-

1) Comptes rendus 1878 Bd. 87 S. 559 u. 632.
2) Dingl. pol. Journ. 1878 Bd. 229 S. 565.
3) Comptes rendus 1878 Bd. 87 S. 282 u. Dingl. pol. Journ. 1878 Bd. 230 S. 283.
4) Comptes rendus 1878 t. 87 p. 578.
5) Das. 1879 t. 88 p. 645.
6) Die folgenden Notizen über die Anilinfarbenindustrie wurden von Herrn Gustav Merz zusammengestellt.

digung gewährt. Wir danken diese Errungenschaften dem günstigen Zusammenwirken mächtiger Factoren: der Genialität und der unermüdlichen Arbeit namentlich einiger deutscher Forscher, der außerordentlichen Pflege und Fürsorge, welche gerade jetzt so allgemein dem Studium der sich mächtig entfaltenden organischen Chemie gewidmet wird, nicht minder aber dem innigen Verkehr der Männer der Wissenschaft mit den intelligenten und opferwilligen Vertretern der Praxis. Angesichts der bereits hohen Blüthe der Theerfarbenindustrie erscheinen die in diesem Jahrbuche bisher gebrachten Mittheilungen aus diesem Gebiete spärlich; die Erklärung dieses Umstandes möge darin gesucht werden, daß es weniger im Plane dieses Jahrbuches liegt, der Entwicklung einer Industrie Schritt für Schritt zu folgen, als vielmehr von Zeit zu Zeit, bei Eintritt gewisser Abschlüsse oder Ruhepausen, einen Ueberblick über das Geleistete zu halten, theils auch darin, daß die Schleier der Fabrikation erst nach einiger Zeit der Ausbeutung der Erfindungen gelüftet zu werden pflegen. Ein passender Zeitpunkt, im Zusammenhang über die Theerfarben zu berichten, scheint jetzt gekommen und es ist zunächst eine Zusammenstellung desjenigen beabsichtigt, was über die Rohmaterialien und die wichtigsten Producte der Anilinfarbenindustrie bekannt geworden ist. Unter Anilinfarben sind diejenigen Farbstoffe verstanden, welche aus dem Anilin, dem Toluidin und den Substitutionsproducten dieser Basen gewonnen werden. Vorausgeschickt seien einige statistische Notizen. Wenn sich auch die Theerfarbenindustrie auf französischem und englischem Boden entwickelt hat, so betheiligte sich doch Deutschland gleich zu Anfang durch billige und gute Fabrikate an derselben, um schließlich allen Mitbewerbern den Rang abzulaufen. Seine meist sehr bedeutenden Fabriken liegen hauptsächlich in Südwest- und Westdeutschland, während noch viele andere über das ganze Reich zerstreut sind. In Frankreich, wo sich seit einigen Jahren die Theerfarbenproduction in recht günstiger Lage befindet, sind fast alle Verfahren durch Brevets geschützt und fast sämmtlich in einer Hand vereinigt. Die Fabrik von Poirrier in St. Denis bei Paris fabricirt alle Anilinfarben; sonst giebt es in diesem Lande nur noch 3 oder 4 kleinere Fabriken und eine Ueberproduction,

wie sie in Deutschland sehr fühlbar geworden ist, macht sich dort nicht bemerklich. Der Werth der Jahresproduction an Theerfarben betrug 1874[1]) in Deutschland 24,4 Mill. M. (davon 12 Mill. M. für Alizarin), in England 7,2 Mill. M., in der Schweiz und in Frankreich je 5,6 Mill. M. In Frankreich wurde[2]) 1877 an Anilinöl und rohen Theerproducten im Werthe von 780,000 Frc. exportirt und von 990,000 Frc. importirt; während der Werth der exportirten Anilinfarben circa 3,6 Mill. Frc. und des Importes davon 4,45 Mill. Frc. betrug. Nach Veröffentlichungen des deutschen statistischen Amtes wurden in Deutschland 1877 an Anilin und Anilinfarben 6048 Ctnr. eingeführt und 16038 Ctnr. ausgeführt; unter den Abnehmern stehen obenan Frankreich mit 3683 Ctnr. und die Schweiz mit 3650 Ctnr., dieselben Länder, welche mit Belgien in dieser Branche das Meiste nach und über Deutschland versenden. Es zeugen diese Zahlen für den bedeutenden Umfang, welchen die bezügliche Industrie in den letzten Jahren in Deutschland gewonnen hat. Nach R. v. Wagner exportirte Deutschland 1874 nach Amerika 306 Tonnen Theerfarben, d. i. 45 Proc. des Gesammtbedarfs; dagegen vermag die deutsche Theerfarbenindustrie kaum 1/5 der dort verwendeten Rohmaterialien zu schaffen und 4/5 liefert England.

Gewinnung von Benzol und Toluol aus dem Steinkohlentheer.

Im Anschluß an die bereits im 2. Jahrg. dies. Jahrb. S. 295 gegebenen Mittheilungen über diesen Gegenstand entnimmt der Refer. das Folgende einer Darlegung der in Frankreich gebräuchlichen Weise der Verarbeitung des Steinkohlentheers von A. Wurtz (Progrès de l'industrie des matières colorantes; Paris, Masson 1876), womit ein gelegentlich der letzten Pariser Ausstellung entstandener Aufsatz von Cam. Vincent[3]) im Wesentlichen übereinstimmt. Bezüglich ausführlicherer Mittheilungen über diese Industrie, namentlich auch die in Deutschland gebräuchlichen Arbeitsmethoden ist auf

1) Jul. Post, Grundr. der chem. Technologie II S. 517.
2) Handelsbericht von Gehe u. Co. 1879.
3) Annales industr. 1879 S. 170.

die Specialwerke von G. Lunge, die Destillation des Steinkohlentheers (Braunschweig) und Oppler, die Chemie und Industrie der Mineralöle (Berlin, Springer) zu verweisen. Die jährliche Production von Steinkohlentheer beträgt in England gegen 130,000 Tonnen, in Frankreich 35,000 und in Belgien 10,000 Tonnen. Diese immensen Quantitäten treten größtentheils als Nebenproduct bei der Leuchtgasfabrikation auf, indessen ergeben sie sich zum Theil auch als Nebenproduct bei dem Betriebe der von Powels und Dubochet, sowie der von Knab eingeführten, in größerer Anzahl zusammengekuppelten Oefen zur Bereitung von Kok für metallurgische Zwecke, wobei den flüchtigen Producten eine gewisse Menge Theer entzogen wird, bevor die Gase zur Heizung verwendet werden. In dieser zweifachen Weise erzeugt allein die Comp. paris. de l'éclair. au gaz jährlich 25000 Tonnen Theer. Als Ausbeute an Theer kann man im Durchschnitt 4—5 Proc. vom Gewicht der Steinkohlen annehmen. Seit Einführung der Verarbeitung des Theers auf Kohlenwasserstoffe, Phenole u. s. w. hat sich der Preis desselben von 6 bis 10 Franc auf 60 bis 90 Fr. die Tonne erhöht.

Die Verarbeitung des Theers beginnt mit der möglichst vollständigen Entfernung des Ammoniakwassers durch längeres Stehenlassen, damit sich Theer und Wasser in zwei Schichten sondern; hierbei müssen kleinere Theermengen etwa 24 Stunden lang durch indirecte Dampfheizung in Kesseln mit Condensatoren auf etwa 60° erwärmt werden. Der entwässerte Theer wird in am besten aus Schmiedeeisen gefertigten Kesseln von 200 Kg. bis 30 Tonnen Inhalt einer fractionirten Destillation unterworfen. Die Kessel sind entweder stehende, mehr hohe als breite, oder niedrige aber sehr weite Cylinder mit gewölbter Decke (Blasen), welche letzteren besonders in England gebräuchlich sind, oder, wie meist in Frankreich, horizontal liegende Cylinder (Retorten) mit flachen oder nach innen gewölbten Böden. Auch liegende Retorten mit ⌓ förmigem Querschnitt werden benutzt. Die Feuercanäle umziehen den Boden und die Seitenwände der Kessel in der Art, daß ein Steingewölbe die unmittelbare Berührung des Kesselblechs mit den Feuergasen, so lange dieselben noch sehr heiß sind, hindert, wodurch einer Ueberhitzung des ersteren vorgebeugt ist. Außer=

dem sperrt man die oberen Canäle ab, in dem Maße, als das Niveau im Kessel sinkt. Die Kühlschlangen bestehen aus Eisen oder Blei und sind, soweit sie zur Verdichtung der Dämpfe der leichten Oele dienen, von entgegenströmendem kalten Wasser umgeben, wogegen die während der Destillation der schweren Oele benutzten, namentlich um der Verstopfung durch Naphtalin vorzubeugen, weiter und von ca. 60 bis 90° warmem Wasser umgeben sind. Durch bequem angebrachte Hähne kann den Dämpfen der entsprechende Weg angewiesen und das Destillat bald nach diesem bald nach jenem Sammelgefäß geleitet werden. Die Destillationsrückstände werden noch heiß durch eine am tiefsten Punkt des Kessels angebrachte Oeffnung abgelassen. Abgesehen von anfänglich mit überdestillirendem ammoniakhaltigem Wasser und brennbaren Gasen vollzieht sich die Destillation der „leichten Oele" zwischen 60 und 200°, während über der letzteren Temperatur die „schweren Oele" übergehen. Häufig theilt man schon bei dieser Destillation die erste Fraction in der Art, daß man die bis 150° übergehende Oele als „leichte Naphta" getrennt von den „Mittelölen", welche von 150 bis 200° destilliren, auffängt. Bei den an Benzol zu armen Theeren, wozu der von den Koköfen stammende zu rechnen ist, unterläßt man diese Theilung. Unterbricht man die Destillation bei 200°, so bleibt ein dicker Theer zurück, welcher namentlich zur Herstellung von Dachpappe und von Briquettes aus Steinkohlenpulver dient. Zur Verwendung in der Dachpappenfabrikation wird der Theer in manchen Anstalten durch direct eingeleiteten Wasserdampf von den leichten Oelen (rohe Naphta genannt) befreit. Werden die schweren Oele zu einem kleineren oder größeren Theile abdestillirt, so bleiben jene pechartigen Massen von weicherer oder härterer Beschaffenheit zurück, welche unter den Namen weiches bezw. hartes Steinkohlentheerpech, Asphalt u. s. w. zur Herstellung von Häußlerschem Holzcement, Trottoirs und Fußböden, Asphaltröhren u. s. w. verwendet werden. Um möglichst viel Anthracen zu gewinnen, hat man die Destillation bis etwa 400° fortzusetzen, wobei sich der sehr schwer schmelzende „trockne magere Asphalt" ergiebt. Dieser an sich wenig verwendbare Rückstand wird mit Vortheil durch Zumischung werthloser schwerer Oele oder von 10—20 Proc. dickem Theer zur Her-

stellung von Kohlen-Briquettes und Fußbodenbelegen brauchbar gemacht („wiederbelebter Asphalt").

Die leichten Oele, welche unter 150° überdestillirt sind, werden einer zweiten Destillation unterworfen, wobei ⅔ bis zur Temperatur von 120° übergehen; der Rest wird dem Rückstand von der Rectification der zwischen 150 und 200° übergegangenen zweiten Fraction beigemischt. Diese letztgenannte Fraction wird nämlich auch einer Rectification unterworfen, wobei ebenfalls Oele bis zur Temperatur von 120° erhalten werden, die man dem ersterwähnten Destillate von gleicher Natur zumischt. Die rectificirten Oele vom Endsiedepunkt 120° werden nun einer chemischen Reinigung unterworfen. Durch eine innige Mischung mit 5 Proc. ihres Gewichtes concentrirter Schwefelsäure werden denselben Kohlenwasserstoffe der Fettreihe, kleine Mengen von Basen und sogenanntem Brandharze entzogen; die verdickte braun gefärbte Säure (es entwickelt sich bei der Einwirkung schweflige Säure) wird nach genügender Ruhe durch Decantation vollständig entfernt und hierauf werden die Oele mit Wasser gewaschen. Behufs der Reinigung von Phenolen und gepaarten Schwefelsäuren werden dieselben alsdann einer Waschung mit etwa 2 Proc. ihres Gewichtes 40grädiger Natronlauge (nach anderen Angaben nur mit Lauge vom Volumengewicht 1,1) und einer darauf folgenden mit Wasser unterworfen. Die gereinigten leichten Oele werden nun von Neuem rectificirt, wozu kleinere, mit Dampf geheizte, kupferne Destillirblasen dienen, welche mit dem Mansfield'schen Dephlegmator oder Rückflußkühler (s. Jahrg. II dies. Jahrb. S. 298) und bleierner Kühlschlange versehen sind. Das Wasser, welches den auf der Blase sitzenden cylindrischen Dephlegmator umgiebt, wird bald auf etwa 80° erwärmt sein und von jetzt an destillirt das Benzol mit anfänglich sehr kleinen Mengen von Toluol über, welche letztere indessen in dem Maße, als die Temperatur des Dephlegmators steigt, allmälig zunehmen. Die Destillation wird unterbrochen, wenn das Wasser im letzteren siedet und man findet dann fast alles Benzol nebst wenig Toluol im Destillat; die in der Blase verbliebene Hauptmenge des Toluols (neben Xylol) wird direct, ohne Benutzung des Dephlegmators, bis auf einen gewissen Rückstand

überdestillirt. In deutschen Fabriken besteht der bei dieser „aufsteigenden Destillation“ benutzte Rückflußkühler aus einem bleiernen Schlangenrohre, welches in einem seitlich über der Blase angebrachten und durch Dampf bis 100 ° geheizten Wasserbottich liegt. (Zu einem noch weit reineren Benzol würde man durch Erhaltung der Temperatur des Dephlegmators auf ca. 80 ° gelangen; durch wiederholtes Abkühlen bis unter 0 ° und schnelles starkes Auspressen des erstarrten Benzols ließe sich dasselbe völlig rein erhalten).

Die „Mittelöle“, welche von 150 bis 200 ° destilliren, werden wie erwähnt durch eine Rectification zerlegt in eine bis 120 ° übergehende Fraction und eine über dieser Temperatur destillirende Mischung. Was hierbei über 190 ° destillirt, vereinigt man mit den „schweren Oelen.“ Die von 120 bis 190 ° übergegangenen Oele werden einer der oben angegebenen ganz ähnlichen chemischen Reinigung unterworfen und hierauf abermals fractionirt. Auch hierbei gewinnt man eine Mischung, welche bis 120 ° übergeht; das über 120 ° Destillirende wird von etwa 10 zu 10 ° fractionirt, wodurch man verschiedene Producte (Benzinsorten) erhält, die als Lösungsmittel für Fett und dergl. Absatz finden.

Die gereinigten leichten Oele, welche bis 120 ° überdestillirt sind, die „Benzole des Handels“, auch als „Benzine aus Steinkohlentheer“ bezeichnet, bestehen überwiegend aus Benzol und Toluol in wechselndem Verhältniß. Man bezeichnet ihre Beschaffenheit auf Grund einer Probedestillation nach Graden, wobei als Benzol von m ° diejenige Mischung bezeichnet wird, von welcher m Proc. unter 100 ° übergehen. Ein „90 grädiges Benzol“ ist genügend reich an wirklichem Benzol, um zu Anilinblau und -Schwarz verwendet werden zu können, während ein „30—40 gräd. Benzol“ ein gutes Anilinöl für Roth giebt.

Die Anwendung der soeben bezeichneten Gemische genügt heute nicht mehr für alle Zwecke der Farbenfabrikation. Seit der Entdeckung der vom Methyl- bezw. Dimethylanilin, vom Diphenylamin und anderen secundären und tertiären Aminen abstammenden Farbstoffe, selbst für die Darstellung von Anilinschwarz sind die primären Amine, Anilin bezw. Toluidin, in größerer Reinheit erforderlich. Gemische dieser beiden Basen

zu zerlegen, hat sich als viel zu schwierig erwiesen, namentlich wegen des Vorhandenseins zweier isomeren Toluidine, welche indeß einen verschiedenen Werth haben; dagegen ist es gelungen, diese Aufgabe indirect zu lösen, indem die Kohlenwasserstoffe Benzol, Toluol, Xylol und Cumol im Zustande der Reinheit von einander geschieden werden. Es ist dies möglich geworden durch Anwendung der Principien und Apparate, welche in der heutigen Spiritusfabrikation zu einem analogen Ziele führen. Angeregt wurde diese Idee zuerst durch E. Kopp; Coupier hat das Verdienst, dieselbe lebensfähig gemacht zu haben, indem er die zur Spiritusgewinnung gebräuchlichen Colonnenapparate dem vorliegenden Zwecke anpaßte.

Der Coupier'sche Colonnenapparat, welcher, mehr oder weniger modificirt, jetzt überall eingeführt ist, findet sich beschrieben und abgebildet in dem Werke von Wurtz (s. o.), sowie in Wagner's Handbuch der chemischen Technologie; hier sei nur Folgendes darüber gesagt. Der Apparat ist von Hause aus zu einer nicht continuirlichen Destillation bestimmt. Ueber der mit Dampf geheizten und das jeweilig zu destillirende Quantum der Kohlenwasserstoffmischung enthaltenden Blase erhebt sich die Rectificationscolonne, welche nach einer Abänderung von Girard und de Laire bis 20 Rectificationsbecken enthalten kann. Die aus dem obersten Becken entweichende Dampfmischung passirt einen neben der Colonne angebrachten Dephlegmator oder Rückflußkühler, gebildet aus den schlangenförmigen Windungen des von der Colonne kommenden Rohres, welche in einem durch Dampf zu heizenden Bade von Chlorcalciumlösung bezw. Paraffin liegen. Dieses Bad muß immer auf einer Temperatur erhalten werden, welche nicht ganz den Siedepunkt des rein darzustellenden Kohlenwasserstoffs erreicht, so z. B. für Gewinnung von Benzol etwas unter 80 °. Auf ihrem Wege durch diesen Dephlegmator erleidet die Dampfmischung eine derartige Zerlegung, daß nach und nach die höher siedenden Bestandtheile condensirt werden, während nur der flüchtigste Kohlenwasserstoff dampfförmig verbleibt, welcher hierauf in einem neben dem Dephlegmator liegenden gewöhnlichen Kühlapparate verdichtet und dann aufgefangen wird. Die im Dephlegmator entstehenden Con-

densate fließen von getrennten Stellen aus nach den ihren verschiedenen Siedepunkten entsprechenden Abtheilungen der Colonne zurück. Coupier vermochte mit seinem Apparat 100 Liter eines zwischen 80 und 150° überdestillirten Rohbenzols in folgende Fractionen zu zerlegen; 6 Liter Vorlauf (s. u.) zwischen 62 und 80°; 44 Liter reines krystallisirbares Benzol zwischen 80 und 82°; 6 Liter Gemisch von Benzol und Toluol zwischen 82 und 110°; 17 Liter reines Toluol zwischen 110 und 112°; 5 Liter Gemisch von Toluol und Xylol zwischen 112 und 137°; 9 Liter reines Xylol zwischen 137 und 140°; 5 Liter Gemeng zwischen 140 und 148°; 8—9 Liter Gemeng von drei isomeren Kohlenwasserstoffen der Formel C_9H_{12} zwischen 148 und 150°.

In dem Vorlauf der Destillation der käuflichen Rohbenzole, d. h. der unter 80° übergehenden Fraction, fanden Vincent und Delachanal[1]) außer Kohlenwasserstoffen der Fettreihe so reichliche Mengen von Schwefelkohlenstoff und Cyanmethyl, daß deren Gewinnung bezw. Verarbeitung lohnend erscheint. Dieses Cyanmethyl ist die als Acetonitril bekannte Modification, $C \begin{cases} N \\ CH_3 \end{cases}$, welche bei der Einwirkung kochender Natron- oder Kalilauge sich in Ammoniak und Essigsäure spaltet. Die Genannten fanden ebenso wie O. Witt außerdem noch Aethylalkohol (bis 2 Proc.) im Rohbenzol.

Was die Ausbeute an Benzol und Toluol anlangt, so ist dieselbe sehr variabel; die Gesammtmenge des bis 120° übergehenden leichten Oeles scheint selten über 6 Proc. vom Theergewicht zu steigen, kann aber viel weniger betragen. Wurtz führt an, daß der von der Pariser Gasgesellschaft mittelst des Condensators von Pelouze und Audouin (s. vor. Jahrg. S. 402) gewonnene Theer von dünnflüssiger Beschaffenheit die außerordentliche Menge von 20 Proc. leichten Oelen ergiebt.

Fabrikation des Anilins und Toluidins.

Die Grundzüge dieser Fabrikation, über welche in diesem Jahrb. bereits im 2. Jahrg. S. 300 und im 6. Jahrg. S. 375

1) Monit. scientif. 1878 Nr. 435.

berichtet worden ist, haben sich nicht geändert, wohl aber hat dieselbe seitdem einige Verbesserungen und Erweiterungen erfahren. Bei der Ueberführung des Benzols und Toluols in die Nitroverbindungen, wird jetzt die Gesammtmenge des Kohlenwasserstoffs schon anfänglich in die Mischapparate gebracht, wogegen die Nitrirsäure allmälig zufließt; ein Ueberschuß von Benzol wird zuletzt durch Einleiten von Wasserdampf in die Nitroverbindung entfernt und wiedergewonnen. Man vermeidet hierdurch die Bildung von Dinitroverbindungen und somit bei der folgenden Reduction die Entstehung von Phenylendiamin u. s. w.; deshalb und ferner, weil die heute verarbeiteten Benzole nicht mehr Xylol und höhere Homologe enthalten, werden die sogenannten queues d'aniline, deren Kenntniß wir A. W. Hofmann verdanken, in den Fabriken jetzt fast nicht mehr erhalten. Das Benzol wird mit einer Mischung von mindestens 40 ° B. starker Salpetersäure und englischer Schwefelsäure von 66 ° B. (worin die Salpetersäure womöglich als Monohydrat vorhanden sein soll) in Nitrobenzol übergeführt ($C_6H_6 + NO_2.OH = C_6H_5.NO_2 + HOH$). Das Toluol liefert bei der Nitrirung eine ölige Mischung von zwei isomeren Nitrotoluolen ($C_6H_5.CH_3 + NO_2.OH = C_6H_4 \left\{ \begin{matrix} NO_2 \\ CH_3 \end{matrix} \right. + H_2O$), eine Auflösung des festen Paranitrotoluols, farblose Prismen von 54 ° Schmp. und 236 ° Sdp. in flüssigem gelblichen Orthonitrotoluol vom Sdp. 222—223 °. Bei dem Reductionsproceß entstehen aus diesen isomeren Nitrotoluolen die entsprechenden beiden isomeren Toluidine, $C_6H_4 \left\{ \begin{matrix} NH_2 \\ CH_3 \end{matrix} \right.$, nämlich das zuerst bekannt gewesene Paratoluidin, prachtvolle Krystalle von Schmp. 45 ° und dem Sdp. 198 ° und das später entdeckte Ortho- oder Pseudotoluidin, eine nicht erstarrende Flüssigkeit vom Sdp. 197 °. In jüngster Zeit wurde von Monnet, Reverdin und Noelting (Anilinfarbenfabrik von P. Monnet in la Plaine bei Genf) in einem von Brigonnet in St. Denis fabricirten anilinfreien Toluidin, welches zumeist aus der Para- und Orthoverbindung besteht, auch die dritte Modification, das flüssige und bei 197 ° siedende Metatoluidin, und in dem jenem zu Grunde liegen-

den Nitrotoluolgemisch neben Para- und Ortho-Nitrotoluol auch die Metaverbindung in kleiner Menge nachgewiesen.[1])

Schon vor längerer Zeit wurde durch A. Rosenstiehl die Bedeutung des Vorkommens von Ortho- neben Paratoluidin in dem gewöhnlichen flüssigen Toluidin oder dem Anilinöl der Fuchsinfabriken für die Bildung des Anilinroths erkannt; der Genannte hat inzwischen seine Arbeiten fortgesetzt.[2]) Nach ihm ist das Orthotoluidin für die Fuchsinerzeugung noch werthvoller, als das Paratoluidin; er erhielt aus einer Mischung von 1 Mol. Orthotoluidin und 2 Mol. Paratoluidin 25 Proc., von 1 Mol. Anilin und 2 Mol. Paratoluidin 39 Proc. und von 1 Mol. Anilin und 2 Mol. Orthotoluidin bis 50 Proc. Farbstoff, berechnet auf die Gesammtmenge der Basen. Die meisten Fuchsine des Handels entstehen nach R. aus einer Mischung von etwa je einem Molekül der drei genannten Basen. (Weiteres siehe unten: Constitution des Rosanilins).

Nach C. Häussermann[3]) ist das in größter Menge fabricirte „Anilin für Roth" (s. w. u.) von verschiedenem Gehalt an Anilin, Para- und Orthotoluidin, woraus hervorzugehen scheint, daß sich die Praxis noch nicht sicher entschieden hat, welches von den beiden Toluidinen in der Fuchsinbildung brauchbarer ist. Hiermit im Zusammenhang steht eine vom Verein zur Beförderung des Gewerbfleißes im Jahre 1876 aufgestellte Preisaufgabe, 1) zur Angabe einer Methode, um im käuflichen Anilinöl leicht und sicher den Gehalt der verschiedenen Bestandtheile zu bestimmen und 2) zur Bestimmung des Einflusses, welchen die Verschiedenheit der Bestandtheile und das Mischungsverhältniß derselben auf die Ausbeute an Fuchsin ausübt. — Nach Versuchen von Monnet, Reverdin und Noelting[4]) wirkt Metatoluidin als Bestandtheil der Basenmischung bei der Fuchsindarstellung durchaus ungünstig auf die Reinheit des Farbstoffs. —

Aus dem Angeführten erklären sich die Bestrebungen, die isomeren Toluidine getrennt von einander oder wenigstens in sicherem bekannten Mengenverhältniß darzustellen

1) Ber. d. d. chem. Ges. 1879, S. 443.
2) Dingl. pol. Journ. Bd. 181, 189, 190, 221, 222.
3) Ebendas. Bd. 228, S. 179.
4) Bull. de la soc. chim. 1878 XXX S. 148.

und es scheint dies gelungen zu sein. Nach Ch. Girard erhält man ein Toluidin mit vorwiegendem Gehalt an Paratoluidin, wenn das Nitrotoluol unter Anwendung farbloser rauchender Salpetersäure bei möglichst niederer Temperatur hergestellt, dagegen ein vorwiegend aus der Orthoverbindung bestehendes Toluidin, wenn das Nitrotoluol mit Salpeterschwefelsäuregemisch bei etwas erhöhter Temperatur bereitet wird. Nach de Laire und Vogt können die beiden Toluidine durch fractionirte Sättigung mit kochender verdünnter Schwefelsäure von einander getrennt werden. Zunächst wird durch eine unzureichende Säurenmenge die stärkere Base, das Paratoluiden, gebunden und das frei gebliebene Orthotoluidin wird überdestillirt. Das schwefelsaure Salz liefert bei der Zersetzung mit Natron reines Paratoluidin, während das noch nicht ganz reine Orthotoluidin einer wiederholten fractionirten Sättigung unterworfen werden muß.

Was die Apparate zur Erzeugung der Nitroverbindungen anlangt, so sind weniger die Nicholson'schen stehenden, dampfkesselähnlichen, als vielmehr die kleineren Perkins'schen Nitrirkessel im Gebrauch, welche 200—400 Liter fassen und je 80 Kg. Benzol zu verarbeiten gestatten. Ein in französischen Fabriken angewendeter Apparat nach Girard und de Laire [1]) ist ein niedriger, stehender gußeiserner Cylinder mit flachem Boden und Deckel, schneckenförmigem Rührwerk, mit von oben bewegter Welle, einer Abflußöffnung am Boden, einem Mannloch, einer Einfüllöffnung und einem als Rückflußkühler wirkenden Dampfableitungsrohr im Deckel. Den oberen Theil des Kessels umfaßt ein Kranzrohr, um den letzteren mit kaltem Wasser berieseln zu können, und um den unteren Theil des Kessels ist eine Dampfleitung gelegt, um denselben erwärmen zu können. Während des langsamen Zuflusses der Säure und bis zur Beendung der Reaction (Entfärbung und Schichtenbildung) ist der Rührer in steter Bewegung. Zuletzt fügt man etwas Wasser zu, um beim Ablassen die Säureschicht schärfer von dem nachfolgenden Nitroproduct trennen zu können. Die nicht unter 50° B. verdünnte salpetersäurehaltige Schwefel-

1) Beschrieben und abgebildet in Grundr. d. chem. Technologie v. Jul. Post, Berlin, Oppenheim 1879, II S. 524.

säure verwerthet man dadurch, daß man sie den Gloverthurm eines Bleikammersystems passiren läßt. Das Nitroproduct wird durch einen beständigen Wasserstrom gewaschen. — Die Société la Phényline in Ris-Orangis wendet horizontal liegende Cylinder mit ähnlicher Ausrüstung an. Dieselben gestatten 300 Kg. Benzol auf einmal in Arbeit zu nehmen; außerdem sind sie mit einer Einrichtung zur Wiedergewinnung der nebenbei auftretenden salpetrigen Dämpfe eingerichtet (bemerkenswerther Fortschritt!), wodurch auch die Belästigung der Arbeiter verhindert wird. Durch einen Aspirator werden die abziehenden Dämpfe erst durch Gefäße zur Verdichtung des Benzols und dann durch einen mit concentrirter Schwefelsäure gespeisten Kokthurm gesaugt. —

Die Ueberführung der Nitroverbindungen in die Amine durch nascirenden Wasserstoff (z. B. $C_6H_5 . NO_2 + 6H = C_6H_5 . NH_2 + 2H_2O$) geschieht nach Wurtz in den französischen Fabriken noch unter Anwendung einer kleinen Menge von Essigsäure und Eisen. Als einen Ersparniß an Brennmaterial und Zeit gewährenden Fortschritt bezeichnet Wurtz die folgende Weise der Abscheidung der Basen.

Nach beendeter Reduction fügt man dem Inhalte des Kessels unter Umrühren Natron zu, um die essigsauren Salze der Basen zu zerlegen, giebt dann Ruhe und zieht den größeren Theil der obenauf schwimmenden Basen durch übereinander stehende Decantirhähne ab; nur der im Kessel noch verbliebene Rest des Anilinöls wird durch direct einströmenden Wasserdampf überdestillirt. Nach E. Häussermann wird dagegen jetzt überall, und auch in Frankreich schon seit langer Zeit, nicht mehr Essigsäure, sondern Salzsäure und Eisen zur Reduction angewendet; Rich. Meyer bestätigt dies in Bezug auf eine der größten deutschen Fabriken. Abgesehen davon, daß die Salzsäure an sich billiger ist, wird die verlustreiche Regeneration der Essigsäure und der Verlust an Anilin durch Bildung von Acetanilid umgangen. Man verwendet auf 100 Thl. Nitrobenzol nur 5—10 Thl. gewöhnliche Salzsäure, welche noch mit ihrem mehrfachen Gewichte Wasser verdünnt wird. Diese anscheinend ungenügende Menge von Säure reicht doch völlig aus, da der zur Bildung der Basen nöthige Wasserstoff zumeist dem vorhandenen Wasser entnommen wird. Am Ende

der Reduction findet sich der Sauerstoff der Nitroverbindung und des zersetzten Wassers auf das Eisen übertragen, welches nach Häussermann als Eisenoxyduloxyd zurück bleibt, während der Chlorwasserstoff sich in einem Kreislauf bewegt und zuletzt in Verbindung mit den Aminen vorfindet. (Man kann sich z. B. vorstellen, daß das Chlor der Reihe nach als Eisenchlorür, basisches Eisenchlorid, chlorwasserstoffsaures Anilin, Eisenchlorür u. s. f. auftritt, während das Eisen aus den genannten Chlorverbindungen durch die Einwirkung des Anilins und Wassers als Oxydhydrat und theilweise als Oxydulhydrat abgeschieden und der hierbei regenerirte Chlorwasserstoff durch frisches Eisen zersetzt wird). Bei zu energischer Reaction kann sich bei diesem Proceß nach Scheurer-Kestner etwas Benzol und Ammoniak bilden. Nach Beendigung der Reduction wird behufs der Zersetzung der chlorwasserstoffsauren Salze Kalkhydrat zugesetzt und die freien Basen werden dann meist mit Hülfe eines Dampfstromes von 2 Atm. überdestillirt. Auf 1 Thl. Anilinöl verdichten sich etwa 14 Thl. Wasser; da das letztere etwa 2 Proc. vom ersteren löst, wird es immer wieder zum Speisen des hierzu reservirten Dampfkessels verwendet. Die gewonnenen Amine werden durch rectificirende Destillation gereinigt; das rückständige Eisenoxyduloxyd wird an Eisenhütten oder Gaswerke abgegeben, die Chlorcalciumlösung aber läßt man wegfließen.

Die Reductionsapparate [1]), geschlossene, gußeiserne stehende Cylinder von 2 Meter Höhe und 1 Meter Durchmesser, mit mechanischem Rührwerk und den erforderlichen Oeffnungen zum Beschicken, Entleeren und Abzug der Dämpfe nach einem Condensator versehen, dienen, wie oben erwähnt, zugleich zum Abscheiden des Anilinöls durch Destillation mit Wasserdampf, welcher letztere durch die hohle Rührwelle oder eine besondere Rohrleitung am Boden in den Kessel eingeführt wird.

Bezüglich der Zusammensetzung der Anilinsorten, wie dieselben jetzt fabricirt werden, bemerkt Häussermann, daß dieselben alle mindestens 98 Proc. aromatische Amine enthalten; die Verunreinigungen bestehen zumeist aus Wasser und höchstens 0,5 Proc. (bei höherem Betrage würden

1) Vergl. Jul. Post a. a. O. S. 528.

sich die Basen nicht mehr klar in verdünnter Säure lösen und deshalb unverkäuflich sein) einer Mischung von Benzol, Nitrobenzol, Ammoniak und Spuren unbekannter übelriechender schwefelhaltiger Verbindungen. Zur Zeit kommen unter dem Namen Anilinöl vier verschiedene Produkte im Handel vor. a) Das sogenannte reine Anilin, welches schon seit 1863 von Coupier, seit 1870 aber allgemeiner fabricirt wird und dessen Production in Deutschland im Jahre 1877 etwa 500 000 Kilogr. betrug, enthält nicht über 1 Proc. Toluidin [1]) und wird zumeist zur Fabrication von Rosanilinblau, Methylanilin, Diphenylamin und Anilinschwarz (im Kattundruck, neuerdings auch in der Baumwollfärberei) angewendet. In großer Reinheit liefert es z. B. die Firma Meister, Lucius und Brüning in Höchst a. M., auch als farbloses Chlorwasserstoffsalz. Das specifische Gewicht ist bei 15 ⁰ 1,0245, Anfangs- und Endsiedepunkt differiren um 1,5—2 ⁰. b) Das reine Toluidin, eine flüssige, wechselnde Mischung von Para- und Orthotoluidin, zeigt das spec. Gewicht 1,00 und eine Differenz im Anfangs- und Endsiedepunkt von 3—3,5 ⁰. c) Das in den größten Mengen erforderte „Anilinöl für Roth", eine Mischung von etwa 10—20 Procent Anilin, 25—40 Procent Paratoluidin, 30—40 Procent Orthotoluidin und wenig Xylidin, destillirt innerhalb 10—12 ⁰ über und hat das spec. Gewicht 1,004 bis 1,006. d) „Anilinöl für Safranin", Vol.- Gewicht 1,016, Sdp. 185—190 ⁰, ist reicher an Anilin als das vorhergenannte (circa 35 Proc. Anilin außer Toluidin) und meist ähnlich wie die sogenannten Echappés der Fuchsinfabriken, welche vielfach zu Safranin verwendet werden, zusammengesetzt. — Das „Anilinöl für Roth" kann sowohl durch Mischen von reinem Anilin mit reinem Toluidin, als auch aus einem entsprechend zusammengesetzten Gemisch von Benzol und Toluol erhalten werden und es entscheidet nur der Kostenpunkt für den einen oder den anderen Weg. Sollte jedoch in der Folge ein Ueberwiegen des Orthotoluidins über das Paratoluidin in der Fuchsinfabrika-

1) Rosenstiehl (Dingl. pol. Journ. 221 S. 565) fand in allem Anilin der verschiedensten Darstellungsweisen, selbst in solchem, welches aus zehnmal umkrystallisirtem und aus Benzoësäure erhaltenem Benzol dargestellt war, etwas Pseudo- oder Orthotoluidin.

tion für günstig erachtet werden, so dürfte die directe Nitrirung der gemischten Kohlenwasserstoffe bald zurückgehen.

Die Production von Anilinöl in Deutschland betrug im Jahre 1873 ca. 1250 Tonnen. Sie hatte sich seit 1867 fast verdreifacht und 500 Tonnen mußten außerdem für die einheimische Farbenfabrikation vom Auslande bezogen werden. — Der Preis des Anilinöls ist von 9,6—14,4 Mark für 1 Kilogr. (1862) auf 3,2 Mark (1877) gefallen.

Fuchsin oder Rosanilinroth.

Das Fuchsin deutscher und französischer Fabriken ist in der Regel das Chlorwasserstoffsalz der Base Rosanilin, $C_{20}H_{19}N_3$, HCl; in England verwendet man häufig das essigsaure Salz (Roseïn); nur selten wird das salpetersaure (Azaleïn, Rubin) oder schwefelsaure Salz dargestellt. Die Bezeichnung Dimantfuchsin ist verschiedenen Salzen gegeben worden. Bei weitem der größte Theil des Anilinroths wird immer noch nach dem Arsensäureverfahren bereitet, während sich der Coupier'sche Nitrobenzolproceß nur langsam Bahn bricht. Ein arsenfreies Roth, als Rubin bezeichnet, wurde während längerer Zeit unter Anwendung von salpetersaurem Quecksilberoxyd als Oxydationsmittel in der früheren Jordan'schen Fabrik in Berlin (jetzt Actiengesellschaft) dargestellt; später wurde in dieser Fabrik das Nitrobenzolverfahren eingeführt. Eine Verdrängung des Arsensäureverfahrens ist deshalb sehr zu wünschen, weil die Beseitigung der arsenhaltigen Abfälle mit großen Schwierigkeiten verbunden ist, weil die Gesundheit der Arbeiter auch heute noch nicht ganz ungefährdet ist und weil kleine Mengen Arsen fast unvermeidlich in dem Farbstoff verbleiben. Erfreulich ist die Einschränkung, welche die Production von Fuchsin dadurch erfahren hat, daß dasselbe nicht mehr als Ausgangspunkt für das Violet und das Grün dient; bis zur Einführung der Fabrikation von „Methylviolet" und „Methylgrün" in Deutschland (etwa 1873) wurden hier zur Fuchsinerzeugung jährlich gegen 1500 Tonnen Arsensäure verbraucht.

Fabrikation des Fuchsins mittelst Arsensäure.

Die hierin geschehenen Fortschritte beziehen sich theils auf die Erhöhung der Ausbeute an Fuchsin (es soll bis 33 Proc.

vom Gewicht des verwendeten Anilinöls an Fuchsin gewonnen werden) und auf bessere Ausnutzung der Nebenproducte, theils auf die größere Schonung der Gesundheit der Werkleute. Als Beispiel der neueren Verfahrungsweisen sei die folgende nach einer kurzen Darlegung der französischen Arbeitsmethode von Wurtz (a. a. O.) mitgetheilt.

Zur Herstellung der „Fuchsinschmelze" dient ein gußeiserner geschlossener Kessel von etwa 4000 L. Inhalt; derselbe ist ein stehender Cylinder mit gewölbtem Boden und gewölbtem Deckel und er ist derartig in eine Feuerung eingemauert, daß er von den Feuergasen überall und möglichst gleichmäßig umspielt wird. Durch den mit den nöthigen Oeffnungen zum Beschicken, Probenehmen, zur Aufnahme eines Thermometers, mit einem Sicherheitsventil und einem Mannloch versehenen Deckel geht eine von oben aus mechanisch bewegte Rührwelle, deren Flügel den Boden des Kessels bestreichen; außerdem dient die hohle Rührwelle zur Zuführung von gepreßtem Dampf. Von oben aus führt ein Ableitungsrohr nach einem Kühlapparat, worin die aus der Retorte entweichenden Dämpfe von Wasser und Anilinöl verdichtet werden. Die Arbeit beginnt mit dem Eintragen von 1000 Kg. Anilinöl [1]), worauf die Heizung in Gang gebracht und unter stetem Rühren 1500 Kg. Arsensäurelösung von 75 Proc. Trockengehalt zugefügt wird. Sobald die Temperatur der Mischung auf 180° gestiegen, muß der Regulirung des Feuers große Aufmerksamkeit gewidmet werden. Unter stetem Rühren darf sich die Temperatur nicht über 190—200° erheben, und dann ist der Proceß in 7—10 Stunden beendet. Während dessen destillirt Wasser und etwa die Hälfte des Anilinöls über. Wenn das Destillat einen gewissen Betrag erreicht hat, wird die Heizung unterbrochen; man zieht das Feuer zurück und läßt unter stetem Rühren die Reaction zu Ende kommen, bis eine Probe die richtige Beschaffenheit der Schmelze, Sprödigkeit und Bronceglanz, zeigt. Alsdann läßt man soviel kochendes Wasser in den Kessel treten, daß die Schmelze beim Rühren sich verflüssigt (Hydratisiren genannt) und in diesem beweglichen Zu-

1) In englischen Fabriken verarbeitet man in den etwa 2500 L. fassenden Kesseln 800 Kg. Anilinöl auf einmal.

stande treibt man sie nach Verschluß des Ableitungsrohres für die Anilindämpfe und nach Oeffnung eines am Boden des Kessels angebrachten Schiebers mittelst eines in den Kessel eingeführten Stromes von gepreßtem Wasserdampf direct in den zur Auslaugung der Schmelze dienenden geschlossenen Kessel. So wird die gefährliche Arbeit des alten Verfahrens vermieden, bei welchem die, giftige Dämpfe aushauchende Schmelze mit Kellen aus dem Kessel ausgeschöpft und in flachen Pfannen erstarren gelassen wurde.

Der zur Auslaugung der Rohschmelze bestimmte Kessel faßt gegen 6000 L.; er ist schon vorher mit kochendem Wasser beschickt (im Ganzen braucht man etwa 4000 L.) und in demselben wird die eingeflossene Schmelze unter der Thätigkeit eines Rührwerks und unter Einströmen von Wasserdampf von 5 Atm. 4—5 Stunden lang bei 140° ausgekocht. Die Flüssigkeit wird dann noch siedend heiß unter Dampfdruck durch Filterpressen getrieben, worin erhebliche Mengen ungelöster Stoffe (s. w. u.) zurück bleiben und das Filtrat wird in flache Becken geleitet, worin es beim Erkalten auf etwa 70° eine weitere Verunreinigung (violette Substanz) absetzt.

Die Bildung und Ausscheidung des Chlorwasserstoff-Rosanilins geschieht in den Krystallisirgefäßen. Das Rosanilin ist zunächst noch als Salz der Arsensäure neben überschüssiger Arsensäure und der entstandenen arsenigen Säure vorhanden; die Ueberführung desselben in das Chlorhydrat geschieht durch Zusatz von überschüssigem Kochsalz (etwa das 1 1/5 fache Gewicht der Schmelze), durch welches zugleich das bei der doppelten Umsetzung entstandene Rosanilinchlorhydrat unlöslich abgeschieden wird, während das arsensaure Natron nebst freier Arsensäure beziehgsw. Salzsäure, arseniger Säure und dem überschüssigen Kochsalz in der Mutterlauge verbleiben. Die letztere setzt bei mehrtägigem Stehen noch etwas Farbstoff ab. Das ausgesalzene rohe, meist amorphe Fuchsin wird von der Oberfläche der Lösung abgenommen, in mit Dampf geheizten Bottichen in seinem 40—50 fachen Gewicht Wasser wieder gelöst, und nach dem Filtriren und Abkühlen der Lösung, namentlich an den Wänden der Gefäße und an hineingestellten Kupferstäben, in schönen ziemlich reinen Krystallen erhalten (Handelsproduct).

Der bei diesem Umkrystallisiren entstandene Filtrirrückstand wird in kochendem Wasser gelöst und in frische Rohlauge eingeworfen; die Mutterlauge von den Fuchsinkrystallen wird mit Kochsalz versetzt, das ausgesalzene Fuchsin wird ebenfalls durch Umkrystallisiren gereinigt und die neue kochsalzhaltige Mutterlauge wird mit der vom Rohfuchsin übrig gebliebenen vereinigt und weiter verarbeitet.

Die arsenhaltigen Salzmutterlaugen, deren Hauptbestand kurz vorher angegeben wurde, enthalten außerdem noch die Chlorwasserstoffsalze von Anilin, Rosanilin und Chrysanilin neben unbestimmten organischen Stoffen. Durch Zusatz von Soda werden die beiden letztgenannten Salze als granatrothe Masse ausgefällt, welche durch Filtration abgeschieden und dann durch Wiederlösen in kochender verdünnter Salzsäure und Ausfällen durch Kochsalz gereinigt wird. Es ergiebt sich so eine Mischung von Fuchsin und Chrysanilingelb, welche beim Färben mehr reinrothe und nicht so bläuliche Töne wie das Fuchsin für sich giebt und die unter verschiedenen Namen wie „gelbstichiches Fuchsin“ 2c. Verwendung findet (s. w. u.). Das in der Mutterlauge enthaltene Anilin wird hierauf durch Zusatz von überschüssiger Kalkmilch freigemacht und durch Destillation gewonnen; das mit überdestillirte Wasser, unter welchem sich das Anilin in getrennter Schicht sammelt, wird zur Ausnutzung des gelösten Anilins bei der Lösung der Rohschmelze angewendet. Der Destillationsrückstand enthält die arsenige und Arsensäure zumeist als Kalksalz und bildet den so lästigen Abfall von der Fuchsinfabrikation („Arsenrückstände“), welcher theils über Tage, theils in Gruben aufgespeichert oder auch ins Meer geworfen wird. — In anderen Fabriken wird die Mutterlauge nicht mit Kalk vermischt und nur mehr oder weniger weit eingedampft.

Bezüglich der Verwendung und Unschädlichmachung der Arsenrückstände sind schon viele Vorschläge aufgetaucht und Versuche, selbst im großen Maßstabe, ausgeführt worden. In neuerer Zeit hat Clem. Winkler in Freiberg ein sinnreiches Verfahren zu dem gedachten Zwecke ausgearbeitet.[1]) Kurz an-

1) Verhandlung. des Vereins zur Beförderung des Gewerbfl. 1876. S. 211.

gedeutet, besteht dieses Verfahren in Folgendem: die oben erwähnten (aber nicht mit Kalk versetzten) Mutterlaugen werden mit Soda zunächst neutralisirt und nach Abscheidung der Farbstoffreste stark alkalisch gemacht. Die Lösung, welche nun das einfachsaure arsensaure Natron, $(AsO)\left\{\begin{array}{l}ONa\\ONa\\OH\end{array}\right. + 12H_2O$, neben arsenigsaurem Natron und Sodaüberschuß enthält, wird bis zur Salzhaut eingedampft, noch heiß mit gepochtem Kalkstein und Stein- oder Braunkohlenpulver gemengt und bis zum Erkalten und Erstarren der Masse gerührt. Das so erhaltene bröckelige Product wird im Muffelofen erst entwässert und dann geglüht. Hierbei wird alles Arsen in Folge der Mitwirkung des kohlensauren Kalks aus dem arsensauren Natron frei und das entweichende Arsen kann als solches verdichtet, oder durch Zuleitung von Luft in arsenige Säure, welche ebenfalls aufgefangen wird, übergeführt werden. Der arsenfreie Glührückstand ist eine Mischung von kohlensaurem Kalk und kohlensaurem Natron, woraus namentlich das letztere zur Wiederverwendung vortheilhaft zurückgewonnen werden kann. „Arsenkalke" der Fuchsinfabriken (s. o.) braucht man nur mit so viel Soda zu mischen, als nöthig ist, um sämmtliche Arsensäure in das erwähnte arsensaure Natron überzuführen, worauf dem Gemenge nur noch die Kohle beizumischen ist, um es dann, wie angegeben, weiter behandeln zu können. — Gegen die praktische Durchführbarkeit dieses Winkler'schen Verfahrens erhebt C. A. Martius[1]) eine Reihe von Einwänden, auf die hier nur verwiesen werden soll; dabei führt derselbe an, daß zu Haan bei Elberfeld längere Zeit hindurch eine Aufarbeitungsmethode der Arsenrückstände in regelmäßigem großem Betriebe war, welche allen Anforderungen entsprach, die nach seiner Ansicht an die Aufarbeitung so enormer Massen arsenhaltiger Rückstände gestellt werden können, daß aber trotz noch so großer Sorgfalt und bester Leitung dieser Betrieb sich als gefährlich für die Nachbarschaft erwiesen hat. —

1) Verhandlungen d. Vereins zur Beförderung d. Gewerbfl. 1877 S. 165.

Nebenprodukte der Fuchsinfabrikation.

Die sogenannten harzigen Fuchsinrückstände, d. h. die in den Filterpressen zurückgebliebenen ungelösten schwarzen, harzähnlichen Bestandtheile der Rohschmelze (s. o.), welche nach einer Angabe von Martius 60—80 Proc. vom Gewicht des angewendeten Anilinöls betragen, bestehen, abgesehen von unbestimmten Stoffen, überwiegend aus den arsensauren Salzen des Rosanilins und (fast zur Hälfte) der vier Farbstoffbasen, Violanilin, Mauvanilin, Chrysotoluidin und Chrysanilin, welche immer als Nebenproducte bei Entstehung des Rosanilins auftreten. Während man sich 1 Mol. Rosanilin entstehend denken kann durch Austritt von 6 Wasserstoffatomen aus einer Mischung von 1 Mol. Anilin und 2 Mol. Toluidin, bildet sich, wie z. B. Girard, de Laire und Chapoteaut[1]) nachgewiesen haben, in ganz entsprechender Weise 1 Mol. Violanilin, $C_{18}H_{15}N_3$, aus 3 Mol. reinem Anilin, ferner 1 Mol. Mauvanilin, $C_{19}H_{17}N_3$, H_2O, aus 2 Mol. Anilin und ein Mol. Toluidin und endlich 1 Mol. Chrysotoluidin, $C_{21}H_{21}N_3$, aus 3 Mol. Toluidin. Das Chrysotoluidin zeigt mit dem schon früher aufgefundenen und von Hofmann untersuchten Chrysanilin, $C_{20}H_{17}N_3$, in Bezug auf Eigenschaften und Abkömmlinge so viel Uebereinstimmung, daß beide identisch oder isomer zu sein scheinen; die Zusammensetzung beider differirt nur um 1/4 Proc. Kohlenstoff und 1 Proc. Wasserstoff. Legt man dem Chrysanilin die Formel $C_{21}H_{21}N_3$ bei, so bilden die vier Farbstoffbasen,

Violanilin,	$C_{18}H_{15}N_3$
Mauvanilin,	$C_{19}H_{17}N_3$
Rosanilin,	$C_{20}H_{19}N_3$
Chrysanilin,	$C_{21}H_{21}N_3$

eine homologe Reihe und sind (abgesehen von Isomerie) die einzig möglichen Producte, welche aus einem Gemenge von Anilin und Toluidin unter dem Einfluß gewisser Oxydationsmittel sich bilden können, wenn jedesmal 3 Mol. der Basen unter Abgabe von 6 At. Wasserstoff an der Reaction theilnehmen. Bemerkenswerth ist noch, daß sich, wie in das Ros-

1) Comptes rendus 63 S. 964; 64, S. 416. Ferner: Girard et de Laire, Traité des dérivés de la houille; Paris 1873.

anilin, auch in die drei anderen Farbstoffbasen Alkoholradicale und aromatische Kohlenwasserstoffreste wie Methyl, Aethyl, Phenyl und Tolyl bis zu drei Atomen substituirend für Wasserstoff einführen lassen und daß dadurch neue Farbstoffbasen entstehen. — Das Violanilin hat dieselbe empirische Formel wie das von Hofmann und Geyger untersuchte „Azodiphenylblau“; auch einem auf bestimmte Weise dargestellten Anilinschwarz ist von R. Nietzki dieselbe Formel beigelegt worden. — Die Salze des Violanilins färben Seide und Wolle blauschwarz mit Neigung in Violet; sie finden sich unter verschiedenen Namen (vergl. Azodiphenylblau oder Indulin) im Handel. Die Mauvanilinsalze sind starke malvenblauviolette Farbstoffe. Das Chrysotoluidin bildet gelb färbende Salze, die rein als „Palatinorange“, unrein als „Vesuvin“ Verwendung finden. (Mit dem Namen Vesuvin wird auch das Phenylenbraun bezeichnet). Das freie Chrysanilin wie auch seine Salze färben Seide und Wolle goldgelb; sie führen die Handelsnamen „Anilingelb“, „Anilinorange“, „Phosphin“.

Die Verwerthung der harzigen Fuchsinrückstände geschieht vielfach nur in der einfachen Weise, daß man sich begnügt, gewisse Farbstoffgemische, deren Zusammensetzung allerdings möglichst gleich bleiben muß, zur Herstellung bestimmter Mischfarben zu billigem Preise und unter verschiedenen Namen wie „Cerise“, „Marron“, „Granat“, „Wienerbraun“, „Canelle“ und dergl. für den Handel daraus herzustellen. Ein einfaches und wohlfeiles Verfahren, um die genannten einzelnen Farbstoffe möglichst rein aus jenen Rückständen abzuscheiden, verdankt man Girard und de Laire (a. a. O.) [1]; die dabei angewendeten Reagentien sind Salzsäure von verschiedener Concentration und Temperatur, Kochsalz, Soda und Kalkmilch. — Die nach dem Nitrobenzolverfahren arbeitende Actiengesellschaft für Anilinfabrikation in Berlin unterwirft (nach ihrem Patent vom 6. Januar 1878) die harzigen Fuchsinrückstände einer trocknen Destillation und gewinnt hierbei eine reichliche Menge basischer Oele, welche Anilin, Toluidin und Homologe und Diphenylamin enthalten, welche Basen wieder zur Fabrikation von Farbstoffen verwendet werden. —

1) Vergl. Bolley (Kopp), Handb. d. chem. Technol. V. 3. S. 461.

Fuchsinfabrikation nach dem Nitrobenzolverfahren.

Darstellung von Anilinroth nach Coupier mittels Nitrobenzol. — Diesem von Hause aus ziemlich variabelen Verfahren liegt die schon vor 1860 aufgetauchte Idee zu Grunde, die zur Bildung des Rosanilins nöthigen Kohlenwasserstoffreste Phenyl und Tolyl theilweise als Nitroverbindung und theilweise als Amidoverbindung anzuwenden, damit bei der Einwirkung der beiden letzteren aufeinander durch den Sauerstoff der Nitroverbindung eine entsprechende Menge Wasserstoff der Amidoverbindung zu Wasser oxydirt wird, während die drei Reste, nämlich einmal (C_6H_5N) und zweimal (C_7H_7N) zu Rosanilin zusammentreten. So würde sich z. B. Rosanilin bilden können durch Einwirkung von 1 Mol. reinem Anilin und 1 Mol. reinem Toluidin auf 1 Mol. reines Nitrotoluol:

$$C_6H_5.NH_2 + C_7H_7.NH_2 + C_7H_7.NO_2 = C_{20}H_{19}N_3 + 2H_2O;$$

oder durch Einwirkung von 1 Mol. reinem Nitrobenzol auf 2 Mol. reines Toluidin:



$$C_6H_5.NO_2 + 2(C_7H_7.NH_2) = C_{20}H_{19}N_3 + 2H_2O.$$

Auch Mischungen, welche zugleich Nitrobenzol und Nitrotoluol neben Anilin und Toluidin enthalten, hat man versucht; auch hat man Mischungen mit Zusatz von Reductionsmitteln, wie Zinnchlorür oder Eisen und Salzsäure angewendet, um durch die letzteren einen Theil der Nitroverbindung in die Amidoverbindung zu verwandeln. Th. Coupier fabricirte zuerst mit Erfolg Anilinroth nach einer der angedeuteten Methoden, und zwar ließ er nach seinem Patent von 1866 käufliches Nitrobenzol auf schweres Anilinöl in Gegenwart von Eisen und Salzsäure einwirken. Einer Angabe von A. Wurtz zufolge (a. a. O.) verwendet jetzt Coupier eine Mischung von 38 Kilog. toluidinhaltigem Anilinöl mit 17 bis 20 Kilog. Nitrobenzol (rein?), 18 bis 22 Kilog. Salzsäure und 2 Kg. Eisendrehspähnen. Diese Mischung wird in emaillirten gußeisernen Kesseln von 90 L. Inhalt, welche mit den nöthigen Oeffnungen zum Füllen, Entleeren und Probenehmen, einem Abzugsrohr für die entweichenden Dämpfe von Anilin, Nitrobenzol und Wasser nebst Condensator zur Verdichtung der beiden ersteren, sowie einem Rührwerk versehen sind, 5 Stunden lang auf 180°

und zuletzt, wobei sich die Masse verdickt, auf 190° erhitzt. Die fertige Rohschmelze enthält salzsaures Rosanilin und außer den Nebenproducten noch etwa 25 Proc. Anilin als Chlorhydrat. Um letzteres abzuscheiden, wird die mit Kellen aus dem Kessel auf Eisenbleche gebrachte Rohschmelze mit Wasser ausgelaugt, alsdann das salzsaure Anilin genau mit Kalk zerlegt und das freie Anilin abdestillirt. Das Rosanilinsalz ist durch das Chlorcalcium in Wasser unlöslich geworden; es wird gesammelt, von Neuem in Wasser gelöst und durch Filtration und Umkrystallisiren gereinigt. Das Anilin läßt sich auch dadurch aus der Rohlauge gewinnen, daß man das Rosanilinsalz durch Kochsalz abscheidet und aus dem Filtrat das Anilin nach Zusatz von Kalk abdestillirt.

Nach Mittheilungen von Dr. C. Häussermann[1]) ist in der Fuchsinfabrikation das Arsensäureverfahren durch den Coupier'schen Nitrobenzolprozeß bisher nur theilweise verdrängt worden, obwohl das nach der letzteren Methode fabricirte Product bei gleicher Ausbeute in Bezug auf Preis und Qualität mit dem anderen concurriren kann und z. B. zur Herstellung von feinerem Anilinblau vielfach vorgezogen wird. Es erklärt sich dies dadurch, daß der sehr glatt verlaufende Arsensäureprozeß technisch genau studirt ist, während die Operationen beim Coupier'schen Prozeß viel schwieriger zu leiten sind und man bei den seinerzeit wohl in den meisten Fabriken ausgeführten Versuchen infolge unrichtiger Mischungsverhältnisse u. s. w., wie es scheint, schlechte Resultate erzielte. Das Coupier'sche Verfahren wird in Frankreich nur in der an sich unbedeutenden Fabrik von Coupier u. Co. in Creil, Oise, und in Deutschland nur in 2 oder 3 Fabriken, die allerdings hier zu den bedeutendsten gehören, ausgeübt. (In Deutschland wurde zuerst und zwar bereits 1872 in der Fabrik von Meister, Lucius und Brüning in Höchst a. M. das Coupier'sche Verfahren in modificirter Form erfolgreich durchgeführt; außerdem stellt die vormals Jordan'sche Actiengesellschaft für Anilinfabrikation zu Berlin alles Fuchsin, angeblich täglich etwa 200 Kilogr., unter dem Namen „Rubin" nach einem dieser Verfahren her und zwar, wie M. Reimann

1) Verhandl. des Ver. zur Bef. des Gewerbfl. 1879 S. 123.

in Berlin angegeben hat, aus einer Mischung von Anilin, Toluidin und Nitrotoluol.) Nach Häussermann bedient sich die unter Rosenstiehl's Leitung stehende Fabrik von Poirier in St. Denis des Arsensäureverfahrens und es wird künftig die Arsensäure in der Fabrik selbst erzeugt. Die nach Coupier's Verfahren arbeitenden Fabriken erzeugen ihr Anilin und Nitrobenzol selbst. Da das verwendete Nitrobenzol zu seiner Herstellung etwa ebensoviel Salpetersäure erfordert, als die gleichwirkende Menge Arsensäure, so ist bezüglich der Kosten der beiden Verfahren die Preisdifferenz zwischen den betreffenden Mengen Benzol und arseniger Säure maßgebend. Ist diese Differenz geringer, als die Kosten für die Fortschaffung der Arsenrückstände und dergleichen, so würde sich das Coupier'sche Verfahren billiger, als das andere stellen. Bei Ausführung des Coupier'schen Verfahrens übersättigt man nach Häussermann ⅔ des verwendeten Anilinöls (vom specifischen Gewicht 1,006 bis 1,007 bei 15⁰) leicht mit Salzsäure, kocht in einem mit Condensator versehenen emaillirten Kessel bis zur Verdampfung des Wassers ein, wobei die Temperatur auf 140⁰ steigt, und setzt der erkaltenden Masse das letzte Drittel des Anilinöls zu. Diese aus Chlorwasserstoff-Salzen und freien Basen bestehende Mischung haftet weniger fest an den Gefäßwänden, als die entwässerten Chlorhydrate allein. Diese Mischung wird im „Schmelzkessel“ mit 50 Thl. reinem Nitrobenzol auf 100 Thl. Anilinöl behandelt, unter allmäligem Zusatz von 3—5 Thl. Eisenfeilspähnen. Die weiteren Operationen sind die bekannten. —

Was die Theorie des Nitrobenzolverfahrens anlangt, so ist dieselbe noch wenig entwickelt. Es wird angenommen, daß der Sauerstoff der Nitroverbindung nicht direct oxydirend auf den Wasserstoff der Amidoverbindung wirkt, sondern daß dies durch übertragende Vermittelung des zu diesem Zwecke zugesetzten Eisens geschieht, welches nach Beendigung des Prozesses als Eisenoxyd erhalten wird, dagegen im Verlaufe desselben abwechselnd als Chlorür und Oxychlorid vorhanden zu sein scheint. Ch. Girard hält es außerdem für möglich, daß sich hierbei Amidoazotoluol ($C_{14}H_{15}N_3$) bildet, welches sich unter dem Einfluß von überschüssigem Anilin in Rosanilin verwandelt:



$$C_{14}H_{15}N_3 + C_6H_7N . HCl = C_{20}H_{19}N_3 + NH_4Cl.$$

Einen werthvollen Beitrag zur Lösung der den Coupier'schen Prozeß betreffenden Fragen haben F. v. Dechend und H. Wichelhaus[1]) gebracht, auf welche Arbeit hier nur verwiesen sei. —

Beschaffenheit des käuflichen Fuchsins.

Der Werth der käuflichen Fuchsinsorten ist nach Untersuchungen von Labureau[2]) sehr schwankend; derselbe fand darin 6,6—18,6 Proc. Wasser, 0,5—5,1 Proc. Asche, 1,5—30,9 Proc. harzige Verunreinigungen und 50,3—75,4 Proc. reinen Farbstoff. — Der Handelspreis des krystallisirten Fuchsins ist von circa 240 Mark im Jahre 1862 jetzt auf circa 8 Mark für 1 Kg. gesunken. — Was die oft behauptete Giftigkeit des Fuchsins anlangt, so haben neuerdings H. Seidler,[2]) ferner Bergeron und Clouet[3]) durch Versuche gezeigt, daß selbst größere Mengen von reinem, namentlich arsenfreiem Fuchsin, dem Organismus einverleibt, keinerlei Vergiftungserscheinungen hervorrufen. Dem entgegen behaupten Feltz und Ritter,[4]) daß Fuchsin, sowohl in den Magen als in das Blut gebracht, toxisch wirke, theils auf die Nerven, ähnlich dem Alkohol, theils Albumingehalt des Harns verursachend. Bergeron und Clouet halten indessen auch bezüglich der fortgesetzten Einführung von Fuchsin in den menschlichen wie thierischen Körper ihre Ansicht vollkommen aufrecht. — Daß arsenhaltiges Fuchsin selbst bloß beim Tragen damit gefärbter Kleidungsstücke schädlich werden kann (Hautausschlag, Uebelkeit u. s. w.), dafür laufen sehr häufig Beweise ein. — Der Arsengehalt des nach dem Arsensäureverfahren erzeugten gewöhnlichen Handelsproductes, Fuchsin Sorte o, wird zu nur $\frac{1}{80000}$ angegeben. —

Freies Rosanilin.

Die Darstellung der freien Base Rosanilin, $C_{20}H_{19}N_3, H_2O$, in möglichster Reinheit wird fabrikmäßig aus-

1) Ber. d. d. chem. Ges. 1875 S. 1609.
2) Monit. industr. belge 1876.
3) Bullet. d. l. soc. industr. de Ronen 1876.
4) Monit. scientif. XXIX.

geführt, da dieselbe zur Fabrikation von essigsaurem Salz, von Rosanilinblau, zur Hervorbringung sehr reiner Nüancen z. B. im Wolldruck und noch zu anderen Zwecken erfordert wird. Zur Abscheidung der Base wird eine Lösung von salzsaurem Rosanilin in der Hitze mit Aetznatron oder Kalkhydrat mit geringem Ueberschuß versetzt, wobei aber das Rosanilin gelöst bleiben und erst beim Erkalten krystallisiren soll. Da das Rosanilin selbst bei 100° noch sehr schwer löslich in Wasser ist, so wird wohl stets die Zersetzung in geschlossenen Gefäßen mit Dampfheizung bei höherer Temperatur und unter höherem Druck ausgeführt. War das Fuchsin nicht sehr rein, so muß die heiße Lösung nach vollständiger Zersetzung unter Dampfdruck erst filtrirt werden, ehe sie in die Krystallisirbottiche gelangt. Durch Umkrystallisiren aus verdünntem Alkohol, worin sich beigemengtes Chrysanilin nicht löst, kann das Rosanilin gereinigt werden. —

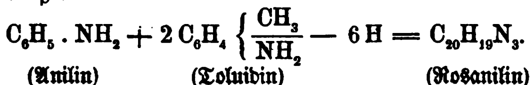
Das eigenthümliche Verhalten einer mit Ueberschuß von Ammoniak versetzten und dadurch entfärbten Lösung von Fuchsin gegen Temperaturerhöhung, gegen Wolle und Seide und gegen die Luft ist neuerdings mehrfach, so von R. Böttger, Jacquemin und Anderen besprochen worden. Der Verfasser dieser Uebersicht glaubt diese eigenthümlichen Erscheinungen auf die mit den Umständen wechselnde Stärke der Affinitäten von Ammoniak bezw. Rosanilin zu Säuren und die bekannte Beeinflussung chemischer Processe durch physikalische Kräfte zurückführen zu müssen. In der kalt durch Ammoniak entfärbten klaren Fuchsinlösung ist freies Rosanilin neben Chlorammonium und überschüssigem Ammoniak vorhanden. Ein in dieselbe getauchtes Stück Fließpapier färbt sich an der Luft bald roth, weil das überschüssige Ammoniak verdunstet und nun das Rosanilin als stärkere Basis das Chlorammonium zersetzt und wieder in Fuchsin übergeht. (Bekanntlich geht Rosanilin durch eine Salmiaklösung in Fuchsin über.) Eine Betheiligung der Kohlensäure der Luft an diesem Vorgang ist, wie leicht nachzuweisen, überflüssig. Indessen beruht, nebenbei bemerkt, das Rothwerden der Rosanilinkrystalle an der Luft auf einer oberflächlichen Bildung von kohlensaurem Salz; in Wasser schwebendes Rosanilin löst sich beim Durchleiten von ausgeathmeter Luft allmälig als kohlensaures Salz

mit rother Farbe auf. Wenn Wolle oder Seide in die mit Ammoniak entfärbte Fuchsinlösung eingelegt werden, so färben sich dieselben in der Flüssigkeit bald intensiv roth; sollte dies in Folge zu starken Ammoniaküberschusses nicht eintreten, so geschieht es doch bei Erwärmung; auch die Flüssigkeit selbst färbt sich, allerdings erst bei stärkerer Erwärmung, roth. Wir sehen hier die Erscheinung, daß die Oberflächenanziehung der genannten Faserstoffe den Ausschlag geben kann, welche von den beiden Basen, das Rosanilin oder das Ammoniak, in den Besitz der Säure gelangt und zwar, daß durch diese physikalische Kraft die relative Affinität des Rosanilins vermehrt wird. In gleichem Sinne, oder vermindernd auf die Affinität des Ammoniaks, wirkt Temperatursteigerung; die Flächenanziehung und die Wärme ergänzen und ersetzen sich in ihrer Wirkung. — Ein anderes auffallendes Beispiel dafür, daß schwache chemische Affinitäten durch mechanische Kräfte leicht überwunden werden können, bietet das Verhalten einer durch sehr vorsichtigen Zusatz von Essigsäure entfärbten Cyaninlösung gegen Temperatursteigerung und gegen Seide oder Wolle. Das aus den Monaminen Chinolin und Lepidin durch Einwirkung von Amyljodür und Aetzkali dargestellte Cyanin enthält die beiden Gruppen $C_{28}H_{35}N_2$ und $C_{30}H_{39}N_2$; dieselben bilden mit je 1 At. Jod verbunden den prächtigen blauen Farbstoff. Aehnlich dem Fuchsin können sich aber die Cyanine noch mit 1 und namentlich mit 2 Aequiv. Säure verbinden und diese Salze sind farblos. In der durch vorsichtigen Zusatz von Essigsäure entfärbten Lösung sind die Triacide (dreifach sauren Salze) vorhanden. Diese Lösung wird nun beim Erhitzen tief blau gefärbt und beim Erkalten wieder farblos. Seide oder Wolle färbt sich in der kalten farblosen Lösung bald tief blau. —

Constitution des Rosanilins.

Bereits im Jahre 1863 zeigte A. W. Hofmann, daß weder aus reinem Anilin, noch aus reinem Paratoluidin durch Entziehung von Wasserstoff Rosanilin entsteht und daß vielmehr bei der Fabrikation von Fuchsin ein Gemisch von Anilin und Toluidin der Einwirkung der Wasserstoff entziehenden Reagentien zu unterwerfen ist. Die durch Hofmann entwickelte und allgemein giltig gewordene Ansicht über den wichtigsten

Proceß bei der Bereitung der Fuchsinschmelze (es entstehen noch gewisse Nebenproducte in großer Menge) läßt sich folgendermaßen ausdrücken:



$$C_6H_5 . NH_2 + 2\,C_6H_4 \left\{ \frac{CH_3}{NH_2} \right. - 6\,H = C_{20}H_{19}N_3.$$

(Anilin) (Toluidin) (Rosanilin)

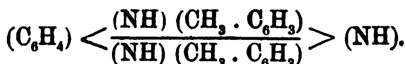
Zu jener Zeit war nur eine Art von Toluidin, das von Hofmann und Muspratt schon 1845 dargestellte krystallisirte Toluidin (jetzt als Para-Modification bezeichnet) bekannt. Im Jahre 1868 zeigte A. Rosenstiehl, daß in dem Toluidin des Handels noch eine zweite Art von Toluidin, das flüssige, von ihm als Pseudo-, von Anderen als Orthotoluidin bezeichnet, enthalten ist. Im Verlauf seiner fortgesetzten Untersuchungen fand Rosenstiehl ferner[1]), daß sich Rosanilin nicht nur aus einem Gemenge von Anilin und Toluidin (Ortho- oder Paratoluidin, oder auch beide), sondern auch aus Orthotoluidin allein sowie aus einem Gemenge von Ortho- und Paratoluidin bildet, während reines Paratoluidin diese Fähigkeit nicht besitzt. Es entstehen auf diese Weise nach Rosenstiehl drei isomere Rosaniline; eins, welches sich von 1 Mol. Anilin und 2 Mol. Paratoluidin, ein zweites, welches sich von 1 Mol. Anilin und 2 Mol. Orthotoluidin und ein drittes, welches sich von 1 Mol. Anilin, 1 Mol. Orthotoluidin und 1 Mol. Paratoluidin ableitet; die Fuchsine des Handels sind Mischungen dieser Isomeren mit Vorwalten des letzteren. Aus den isomeren Rosanilinen, die sich in ihren Eigenschaften gänzlich ähneln, vermochte Rosenstiehl durch Behandlung mit Jodwasserstoff die Monamine zu regeneriren, aus denen jene abstammen. Unter den Producten dieser Reduction war nun stets eine erhebliche Menge (mindestens 24 Proc.) Anilin vorhanden, auch wenn diese Base nicht zur Erzeugung des Rosanilins verwendet worden war, welche bemerkenswerthe Thatsache darauf schließen läßt, daß bei der Oxydation aus dem Orthotoluidin, nicht aber aus dem Paratoluidin, durch Austritt von CH_2 Anilin gebildet werden kann.

Das Rosanilin wurde von Hofmann als Phenylen-Di-

1) Vergl. Dingl. pol. Journ. Bd. 181, 189, 190, 222.

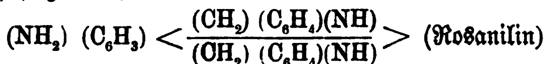
toluylen-Triamin, $2\left.\begin{matrix}(C_6H_4)\\(C_6H_3 . CH_3)\\H_3\end{matrix}\right\} N_3$, aufgefaßt, wie bereits Jahrgang 2 dieses Jahrb. S. 316 mitgetheilt wurde. Diese Ansicht trug namentlich der Entstehungsweise dieser Base und der Thatsache Rechnung, daß sich 1 bis 3 Wasserstoffatome durch verschiedene Kohlenwasserstoffreste ersetzen lassen, wodurch tertiäre Triamine entstehen, welche mit den Halogenverbindungen der Alkoholradicale Salze von Ammoniumbasen bilden können.

Hofmann war der Ansicht, daß, solange es nicht gelinge, die in dem Rosanilin angenommene Gruppe $C_{20}H_{16}$ zu zerlegen, man keine völlig richtige Theorie aufstellen könne. Viele andere Chemiker glaubten lange, daß die im Rosanilin angenommenen drei Kohlenwasserstoffreste durch Vermittelung von drei Imidgruppen, also durch den Stickstoff, untereinander verbunden seien, entsprechend der Formel:

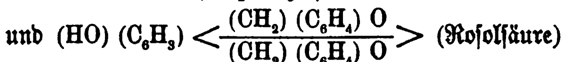


$$(C_6H_4) < \frac{(NH)\ (CH_3 . C_6H_3)}{(NH)\ (CH_3 . C_6H_3)} > (NH).$$

Dieser Ansicht traten im Jahre 1873 Graebe und Caro[1]) entgegen. Gestützt auf eine Untersuchung über die Rosolsäure, $C_{20}H_{16}O_3$, welche nach Caro und Wanklyn aus dem Rosanilin unter dem Einfluß von salpetriger Säure und durch Zersetzung der so entstandenen Diazoverbindung durch Wasser entsteht, sprachen sie die Ansicht aus, daß nicht die Stickstoffatome, sondern vielmehr die Kohlenstoffatome die Reste im Rosanilin zusammenhalten und sie drückten ihre Vorstellung durch folgende Formeln aus:



$$(NH_2)\ (C_6H_3) < \frac{(CH_2)\ (C_6H_4)(NH)}{(CH_2)\ (C_6H_4)(NH)} > \text{(Rosanilin)}$$



$$\text{und}\ (HO)\ (C_6H_3) < \frac{(CH_2)\ (C_6H_4)\ O}{(CH_2)\ (C_6H_4)\ O} > \text{(Rosolsäure)}$$

aus. Es trugen diese Formeln der leichten Ablösbarkeit des Stickstoffs vom Rosanilin und außerdem dem leichten Uebergang des letzteren, wie auch der Rosolsäure in Leukoverbin-

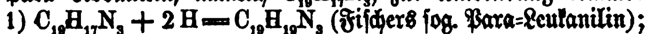
1) Annalen d. Chem. u. Pharm. 179 S. 184.

bungen durch Hinzufügung von je zwei Wasserstoffatomen Rechnung. Es wäre nun von größter Wichtigkeit gewesen, durch Entfernung des Stickstoffs aus dem Rosanilin einen einzigen Kohlenwasserstoff mit 20 Atomen Kohlenstoff zu gewinnen, während, falls die Stickstoffgruppen als Bindeglieder im Molecül des Rosanilins fungiren sollten, ein Zerfallen des letzteren und das Auftreten von drei Kohlenwasserstoffmolecülen mit 6 bezw. 7 Atomen Kohlenstoff zu erwarten war. Trotz zahlreicher Versuche gelang jedoch Graebe und Caro diese Umwandlung des Rosanilins nicht.

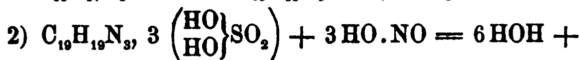
Einige Jahre später beschäftigten sich Emil Fischer und Otto Fischer mit demselben Problem[1]). Auch ihnen war es unmöglich, das Rosanilin in einen Kohlenwasserstoff zu verwandeln, dagegen fanden sie, daß sich dem aus dem Rosanilin durch Wasserstoffaddition leicht entstehenden Leukanilin ($C_{20}H_{19}N_3 + 2H = C_{20}H_{21}N_3$) der Stickstoff derartig entziehen läßt, daß ein Kohlenwasserstoff der Formel $C_{20}H_{18}$ mit dem Schmelzpunkt 58° und einem weit über 360° liegenden Siedepunkt gewonnen wird. War hierdurch schon bewiesen, daß wirklich Kohlenstoffbindung die Bestandtheile des Rosanilinmolecüls zusammenhält, so gelang es im vorigen Jahre Emil Fischer und Otto Fischer in glänzender Weise, auch die Natur dieses Kohlenwasserstoffs und die Constitution des Rosanilins aufzuhellen. Indessen waren diese Chemiker genöthigt, ihr Ausgangsmaterial zu verändern, da die Untersuchung des Kohlenwasserstoffs $C_{20}H_{18}$ direct keine entscheidenden Anhaltspunkte bot. Das von ihnen verwendete Rosanilin war aus einem gewöhnlichen fabrikmäßig erzeugten Fuchsin abgeschieden worden und deshalb wohl als eine Mischung von Isomeren anzusehen. Um zu einem reinen Rosanilin zu gelangen, stellten sich nun Emil Fischer und Otto Fischer selbst und zwar aus einer Mischung von reinem Anilin und reinem Paratoluidin durch Behandlung mit Arsensäure ein Fuchsin und hieraus die freie Farbstoffbase im reinsten Zustande her. Dieses Fischer'sche Rosanilin wurde nun ebenfalls in salzsaurer Lösung durch Zinkstaub in die Leukoverbindung,

1) Ber. d. d. chem. Ges. 1876 S. 891; 1878 S. 195, 612, 1079. Zusammenhängend in Liebig's Annalen Bd. 194, S. 242 ff.

dieses Leukanilin, in concentrirter Schwefelsäure gelöst, durch salpetrige Säure in eine Diazoverbindung und diese durch siedenden Alkohol in einen Kohlenwasserstoff übergeführt. Diese Processe lassen sich durch folgende Gleichungen veranschaulichen (vergl. übrigens Jahrgang 13 dies. Jahrb. S. 290), wenn vorgreiflich schon die Formel für das Fischer'sche sogenannte Para-Rosanilin, nämlich $C_{19}H_{17}N_3$, zur Anwendung kommt:



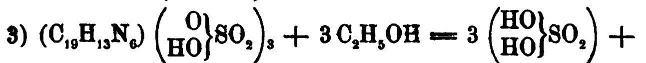
1) $C_{19}H_{17}N_3 + 2\,H = C_{19}H_{19}N_3$ (Fischers sog. Para-Leukanilin);



2) $C_{19}H_{19}N_3,\ 3\left(\begin{matrix}HO\\HO\end{matrix}\right\}SO_2\Big) + 3\,HO.NO = 6\,HOH +$



$(C_{19}H_{13}N_6)\left(\begin{matrix}O\\HO\end{matrix}\right\}SO_2\Big)_3$ (Diazoleukanilin-Trischwefelsäure);



3) $(C_{19}H_{13}N_6)\left(\begin{matrix}O\\HO\end{matrix}\right\}SO_2\Big)_3 + 3\,C_2H_5OH = 3\left(\begin{matrix}HO\\HO\end{matrix}\right\}SO_2\Big) +$

$3\,C_2H_4O + 3\,N_2 + C_{19}H_{16}$. Wider Erwarten wurde in dieser Weise ein Kohlenwasserstoff $C_{19}H_{16}$ mit dem Schmelzpunkt 93° erhalten, welcher sich in allen seinen Eigenschaften als völlig identisch mit dem schon früher von Kekulé und Franchimont entdeckten und von Hemilian ausführlicher untersuchten Triphenylmethan, $(HC)\left\{\begin{matrix}(C_6H_5)\\(C_6H_5)\\(C_6H_5)\end{matrix}\right.$, erwies. Durch diese merkwürdige Entdeckung war plötzlich ein neues Licht auf die Constitution des Rosanilins geworfen. Das Rosanilin und alle seine Derivate erscheinen als Abkömmlinge des Triphenylmethans. Für das von ihnen dargestellte Leukanilin, $C_{19}H_{19}N_3$, stellten nun die genannten Forscher die Constitutionsformel $(HC)\left\{\begin{matrix}(C_6H_4\,.\,NH_2)\\(C_6H_4\,.\,NH_2)\\(C_6H_4\,.\,NH_2)\end{matrix}\right.$ auf, d. h. sie fassen dasselbe als Triamido-Triphenylmethan auf und sie bewiesen sofort die Richtigkeit dieser Ansicht durch Synthese der Substanz aus dem zu Grunde liegenden synthetisch dargestellten Kohlenwasserstoff. Der letztere läßt sich durch rauchende Salpetersäure in sein Trinitryl-Derivat, in das Trinitro-Triphenylmethan, $H{-}C \equiv [C_6H_4\,.\,NO_2]_3$ überführen und letzteres liefert beim Reduciren mit Wasserstoff

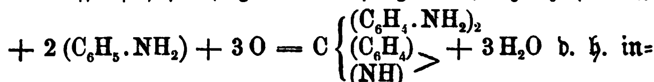
(durch Lösen in Eisessig und Zusatz von Zinkstaub) glatt Leukanilin.

Hiermit war die Constitution des Fischer'schen Leukanilins völlig sicher gestellt; das um CH_2 reichere Leukanilin $C_{20}H_{21}N_3$ aus Handelsfuchsin wäre einfach als nächst höheres Homologes von jenem anzusehen und mit der Formel zu belegen: $(HC)\left\{\frac{(C_6H_4 . NH_2)_2}{(C_6H_3(CH_3)NH_2)}\right.$. Aus diesen beiden Leukanilinen erhielten Emil Fischer und Otto Fischer durch Oxydation in der That verschiedene Rosaniline.

Nach diesen Untersuchungen können aus Anilin und den Toluidinen nicht allein isomere, sondern auch homologe Rosaniline entstehen. Das einfachste Rosanilin, $C_{19}H_{17}N_3$, entsteht durch Oxydation einer Mischung von 2 Mol. Anilin und 1 Mol. Paratoluidin und leitet sich von dem Triphenylmethan, $C_{19}H_{16}$, ab. Dieser Kohlenwasserstoff ist die Muttersubstanz der Rosanilingruppe und die verschiedenen Leukaniline sind die Triamidoderivate desselben oder seiner Homologen. Eins der letzteren und zwar das nächst höhere ist der Kohlenwasserstoff $C_{20}H_{18}$, welcher aus dem käuflichen Fuchsin erhalten wurde, von dem sich also das Rosanilin $C_{20}H_{19}N_3$ ableitet. Der Kohlenwasserstoff $C_{20}H_{18}$ läßt sich als Tolyldiphenylmethan, $HC\left\{\begin{matrix}(C_6H_4 . CH_3)\\(C_6H_5)_2\end{matrix}\right.$ auffassen. Durch Synthese denselben herzustellen ist noch nicht gelungen, wohl aber ist ein Isomeres so erhalten worden.

In letzter Zeit gelang es E. u. O. Fischer, auch die Constitution des Rosanilins aufzuklären. Es zeigte sich, daß die beiden Wasserstoffatome, welche man dem Leukanilin entziehen muß, um es in Rosanilin zu verwandeln, einerseits einer Amidgruppe (NH_2) und andrerseits dem Methanrest (CH) angehören. Dies ergiebt sich aus der folgenden Synthese des Rosanilins, mit welcher die Genannten ihre schönen Untersuchungen zum Abschluß brachten. Sie oxydirten das oben erwähnte Trinitro-Triphenylmethan, in Eisessig gelöst, durch Chromsäure und erhielten eine um 1 At. Sauerstoff reichere Verbindung, das Trinitro-Triphenylcarbinol, $(HO) - C \equiv [C_6H_4 . NO_2]_3$. Wird dieser Körper in saurer Lösung vorsichtig

mit Wasserstoff reducirt, so entsteht wohl für einen Augenblick das entsprechende Triamido-Triphenylcarbinol, $(HO) - C \equiv [C_6H_4 . NH_2]_3$, dieses geht aber unter Abspaltung von einem Molecül Wasser sofort in ein Salz des Rosanilins, $C \begin{cases} (C_6H_4 . NH_2)_2 \\ (C_6H_4 \\ (NH) \end{cases} >$ über. „Es gewährt einen überraschenden Anblick, wenn die kalte sehr verdünnte Lösung des Nitrokörpers in Eisessig mit geringen Mengen Zinkstaub versetzt wird, wobei die Flüssigkeit momentan die intensive prachtvolle Farbe der Rosanilinsalze annimmt; erst bei Zusatz von überschüssigem Reductionsmittel oder beim Erwärmen erfolgt Entfärbung der Lösung und Bildung von Leukanilin.“ Das Pararosanilin, $C_{19}H_{17}N_3$, im wasserfreien Zustand kann somit als eine Art inneres Anhydrid des Triamido-Triphenylcarbinols aufgefaßt werden und der Vorgang bei seiner Entstehung aus Anilin und Paratoluidin spricht sich in folgender Gleichung aus: $(CH_3 . C_6H_4 . NH_2)$

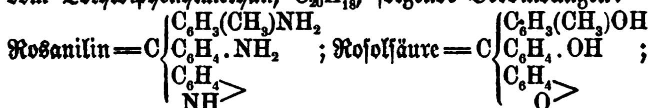


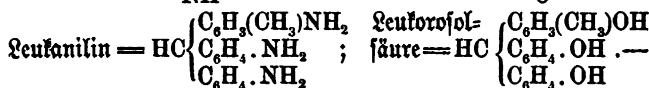
$+ 2 (C_6H_5 . NH_2) + 3 O = C \begin{cases} (C_6H_4 . NH_2)_2 \\ (C_6H_4) \\ (NH) \end{cases} > + 3 H_2O$ d. h. indem das Methyl des Toluidins sämmtlichen Wasserstoff und das Amid desselben, sowie das Phenyl des Anilins je ein Wasserstoffatom verlieren, werden durch den Kohlenstoff des Methyls die Reste von Toluidin und Anilin vereinigt. In entsprechender Weise erklärt sich die Bildung des „technischen Rosanilins“ aus 1 Mol. Anilin und 2 Mol. Toluidin und es stellt sich dieses als das nächst höhere Homologe des Fischerschen Rosanilins dar, wenn in dem letzteren an Stelle eines Wasserstoffatoms in einer der Phenylengruppen (C_6H_4) das Radical Methyl tritt. So wäre denn das lang erstrebte Ziel, die Aufklärung der Constitution des Anilinroths, glücklich erreicht und damit auch die Erkenntniß seiner Beziehungen zu Rosolsäure und der Constitution der letzteren, sowie auch der übrigen Anilinfarbstoffe, welche als Derivate des Rosanilins gelten, möglich geworden. Noch ist des erfreulichen Umstandes zu gedenken, daß Graebe und Caro, welche nach dem Erscheinen der Fischer'schen Synthese des Leukanilins ihre früheren Arbeiten über diesen Gegenstand wieder aufnahmen, für das

Rosanilin gleichzeitig mit E. und O. Fischer zu derselben Constitutionsformel gelangten.

Beziehungen der Rosaniline zu den Rosolsäuren.

Was die Beziehungen der Rosaniline zu den Rosolsäuren anlangt, eine ebenso complicirte als bedeutungsvolle Frage, welche ihrem Abschluß entgegen geht, so mögen darüber hier einige Andeutungen genügen.[1]) Mit dem Namen „Rosolsäure“ sind im Verlauf der Zeit verschiedenartige Substanzen belegt worden, welche mit Alkalien rothgefärbte Salze bilden. Caro und Graebe wollen als Rosolsäure nur noch die Verbindung $C_{20}H_{16}O_3$ bezeichnet wissen, welche sich aus dem gewöhnlichen Rosanilin nach der sogenanten Grieß'schen Methode der Ueberführung aromatischer Amidoverbindungen in ihre Phenole d. h. durch Diazotirung des Rosanilins mittelst salpetriger Säure und Zersetzung der Diazoverbindung durch Wasser herstellen läßt: α) $C_{20}H_{19}N_3$, $3\,HCl + 3\,HO.NO = 6\,H_2O + C_{20}H_{13}N_6Cl_3$ (Diazorosanilinchlorid); β) $C_{20}H_{13}N_6Cl_3 + 3\,HOH = 3\,HCl + 3\,N_2 + C_{20}H_{16}O_3$. Hiernach deriviren vom Tolyldiphenylmethan, $C_{20}H_{18}$, folgende Verbindungen:



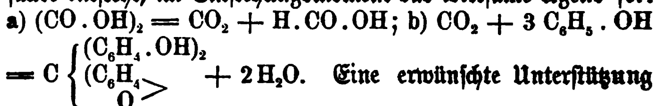


Mit dem Namen „Aurin“ belegen Dale und Schorlemmer die Verbindung $C_{19}H_{14}O_3$, welche sie, wie auch Fresenius, aus dem Produkt der Einwirkung von Phenol auf Oxalsäure und Schwefelsäure isolirten. Identisch mit diesem Aurin ist nach Gräbe und Caro die aus dem Fischer'schen Para-Rosanilin nach der Grieß'schen Methode darstellbare Para-Rosolsäure. Dale und Schorlemmer ist es nun gelungen, umgekehrt aus ihrem Aurin durch Einwirkung von Ammonik Para-Rosanilin ($C_{19}H_{14}O_3 + 3\,NH_3 = C_{19}H_{17}N_3 + 3\,H_2O$)

1) Vergl. die Quellenstudie R. v. Wagner's: „Zur Geschichte der Rosolsäure und ihrer Beziehungen zum Rosanilin.“ Dingl. pol. Journ. 225 S. 190 und 228 S. 178.

und aus diesem ein entsprechendes Blau, Violet und Grün darzustellen. Mithin besteht auch ein genetischer Zusammenhang zwischen folgenden Verbindungen: Triphenylmethan, $C_{19}H_{16}$; Fischers Pararosanilin, $C_{19}H_{17}N_3$; Dale und Schorlemmer's Aurin, $C_{19}H_{14}O_3$ und den zugehörigen Leukoverbindungen $C_{19}H_{19}N_3$ und $C_{19}H_{16}O_3$. —

Dale und Schorlemmer, sowie Gräbe und Caro u. A. vertreten die Ansicht, daß bei der Bildung von Aurin aus Phenol das Kohlendioxyd, welches neben Ameisensäure aus der Oxalsäure entsteht, im Entstehungsmoment das wirksame Agens sei:



a) $(CO.OH)_2 = CO_2 + H.CO.OH$; b) $CO_2 + 3\,C_6H_5.OH = C\begin{cases}(C_6H_4.OH)_2\\ (C_6H_4 \\ \quad O\end{cases}\!\!> + 2H_2O$. Eine erwünschte Unterstützung findet diese Ansicht durch die kürzlich von Ph. de Clermont und J. Frommel[1]) angestellten directen Versuche, Aurin aus Phenol bei 250° unter hohem Druck darzustellen, was nicht gelang durch Ueberleiten von Kohlensäure oder von Kohlenoxyd, wohl aber durch ein Gemeng von Kohlenoxyd und Sauerstoff, also durch nascirende Kohlensäure.

Das nach dem Kolbe und Schmitt'schen Verfahren aus Phenol, Oxalsäure und Schwefelsäure auch fabrikmäßig erzeugte Produkt, welches die Namen gelbes Corallin, Aurin, wohl auch Rosolsäure erhalten hat, ist nach den vorzüglichen Untersuchungen C. Zulkowsky's eine sehr complicirte Mischung verschiedener Verbindungen, wovon etwa 60 Proc. krystallisirbar sind. Gegen 20 Procent des Rohcorallins bestehen aus Aurin, $C_{19}H_{14}O_3$, und seinen Verwandten; in großer Menge findet sich ferner darin die Corallin-Rosolsäure, $C_{20}H_{16}O_3$, ein Isomeres der Fuchsinrosolsäure. Als Hauptbestandtheil des Corallins fand Zulkowsky die nicht krystallisirbare Verbindung $C_{20}H_{14}O_4$, ein Isomeres vom Phenolphtaleïn, welche er als Corallinphtaleïn bezeichnet. —

Triphenylrosanilinblau (Anilinblau).

Wie die Untersuchungen A. W. Hofmann's erwiesen haben, lassen sich in dem Rosanilin 1 bis 3 Wasserstoffatome

1) Dingl. pol. Journ. 232 S. 487.

stufenweise durch ebensoviele Atome Phenyl oder Tolyl ersetzen, wenn das Rosanilin unter geeigneten Bedingungen mit Anilin oder Toluidin erhitzt wird, wobei gleichzeitig 1 bis 3 Mol. Ammoniak entstehen. Faßt man die Reaction welche zur Bildung des Trisubstitutionsproduktes führt, und welche sich in drei Phasen vollzieht, z. B. bei Einwirkung von Anilin, zusammen, so ergiebt sich folgende Gleichung: $C_{20}H_{19}N_3 + 3(C_6H_5 . NH_2) = 3NH_3 + C_{20}H_{16}(C_6H_5)_3N_3$ (Triphenylrosanilin). Wie bereits in Jahrg. 2 dieses Jahrb. S. 320 besprochen worden ist, bilden sich auf diese Weise aus dem Rosanilin neue Farbstoffbasen, deren Salze kräftige rothviolette, blauviolette, bezw. blaue Farbstoffe sind und bereits 1861 von Girard und de Laire in die Technik eingeführt wurden. Während die violetten Farbstoffe, welche Salze des mono- und diphenylirten Rosanilins sind (Violet imperial, Parme), längst durch weit schönere Farbstoffe, namentlich Methylsubstitutionsprodukte des Rosanilins (Jodviolet, Methylviolet), verdrängt worden sind, hat sich das Triphenylrosanilin als Base des Anilinblaus (Bleu de Lyon, Bleu de Paris) bis heute in umfänglichster Anwendung erhalten, nur wird dem aus Rosanilin dargestellten Blau durch das neuere aus Diphenylamin zu erhaltende Blau seit einigen Jahren nicht unerhebliche Concurrenz bereitet.

Auch heute noch wird aus dem Rosanilin bezw. seinem Chlorwasserstoffsalz zunächst das nicht in Wasser, aber in Alkohol lösliche Chlorhydrat des Triphenylrosanilins, $C_{20}H_{16}$-$(C_6H_5)_3N_3HCl$, („Spiritusblau") dargestellt; anstatt dasselbe aber direct zum Färben zu verwenden, wird es vielmehr jetzt zum größten Theil in Sulfosäuren bezw. deren Alkalisalze verwandelt und in dieser wasserlöslichen Form benutzt. Ueber die Fortschritte in diesem Industriezweige haben vor einigen Jahren Wurtz in seinem angezogenen Werke und erst im vorigen Jahre C. E. in Dingl. pol. Journ. Bd. 230 S. 162 berichtet; namentlich dieser letzteren sehr eingehenden Abhandlung eines mit der Sache völlig Vertrauten sind die folgenden Mittheilungen entnommen.

Darstellung von „Spiritusblau". Das aus der „Blauschmelze" zunächst abgeschiedene Chlorwasserstoff-Triphenylrosanilin, auch als directes Blau oder schlechthin Spiritusblau bezeichnet, liefert durch Reinigung das feinere Blau

oder „Opalblau". Dieses gereinigte Blau ist entweder von mehr oder weniger röthlichem Ton, oder rein blau, wie man sagt, grünstichig (Nachtblau; Bleu de lumière). Wird das directe Blau mit dem Buchstaben B signirt, so kennzeichnet man das reinere bis grünstichige Blau durch Wiederholung dieses Zeichens bis 4 B. Zur Herstellung eines feinen grünstichigen Blau's gilt die Anwendung des freien Rosanilins für unumgänglich und zwar verlangt man diese Base in blaßrothen kleinblättrigen Krystallen von höchster Reinheit, wie sie durch Kalk aus reinstem blaustichigen Fuchsin abgeschieden wird; außerdem muß hierzu in großem Ueberschuß möglichst reines Anilin verwendet werden. Die Fabrikation der rötheren Blaue geht vom gewöhnlichen Fuchsin (Rosanilinchlorhydrat) und einem toluidinhaltigen Anilinöl aus. Von größter Bedeutung ist ferner das Mengenverhältniß zwischen den genannten Ingredienzen, und, zur Festhaltung desselben Endproductes, außerdem noch eine bestimmte Reactionsdauer und Temperatur. Durch Erhitzen von Rosanilin oder Fuchsin mit überschüssigem Anilin gelingt die Phenylirung des ersteren nur sehr unvollständig, dagegen bildet sich das Triphenylrosanilin leicht und in einer der Theorie nahe kommenden Menge, wenn man den „Rosanilinansätzen" gewisse Monocarbonylsäuren wie Essigsäure (Eisessig), Benzoësäure oder Salicylsäure, und den „Fuchsinansätzen" die Natronsalze dieser Säuren (gewöhnlich entwässertes essigsaures Natron) zufügt. Die zweifellos wichtige Rolle dieser Säuren, deren günstigste Zusatzmenge nur experimentell festzustellen ist, wurde noch nicht genügend erklärt; dieselben lassen sich aus den fertigen Schmelzen unverändert wieder gewinnen (das Natron findet sich als Chlornatrium darin). Von der (meist verwendeten) Benzoësäure genügt etwa $^1/_3$ der zur Bindung des Rosanilins nöthigen Menge, von der Salicylsäure noch weniger, während man vom Eisessig fast die dem Rosanilin äquivalente Menge braucht. Das mit Benzoësäure erhaltene Blau ist grünstichig, während sich das mit Essigsäure dargestellte mit röthlichem Ton auffärbt. —

Ein reines grünstichiges Blau wird aus einem Ansatz von 25 Kg. Rosanilin, 250 Kg. Anilin und 3 Kg. Benzoësäure gewonnen. Zur Erhitzung dieser Masse dient ein 500 L. fassender geschlossener cylindrischer und stehend in eine

Feuerung eingemauerter Kessel von 3 Cm. dickem Gußeisen (innen verbleit) oder 2 Mm. starkem Kupfer, dessen Boden durch einen schmiedeeisernen Luftmantel vor der directen Wirkung des Feuers geschützt ist. Durch den Deckel ist eine durch Dampfkraft bewegte Rührwelle geführt, deren ankerförmige Flügel den Kesselboden bestreichen. Außer mit einem Thermometer und einigen Oeffnungen zum Beschicken und Probeziehen ist der Kessel noch mit einem nach einer Kühlschlange führenden absperrbaren Rohr zur Ableitung der Anilin- und Wasserdämpfe sowie des Ammoniaks und endlich mit einer Vorrichtung versehen, durch welche die fertige flüssige Blauschmelze mittelst comprimirter Luft aus dem Kessel nach dem Fällbottich befördert werden kann. Die Feuerung muß für möglichst sichere Beherrschung der Temperatur eingerichtet und namentlich muß es leicht möglich sein, die Blauschmelze jeder Zeit durch Abkühlung der weiteren Reaction zu entziehen. Drei Stunden nach Anheizung des vorher beschickten Kessels ist der Siedepunkt des Anilins nahezu erreicht und es muß nun diese Temperatur möglichst festgehalten werden, damit nicht zu viel Anilin überdestillirt; die Menge dieses Destillates soll nicht über 25—35 Kilogr. betragen. Zu derselben Zeit wird übrigens der bis jetzt reservirte sechste Theil der Benzoësäure in den Kessel gebracht. Während des ganzen Processes spielt die vorhandene große Menge Anilin die Rolle eines Lösungsmittels; zunächst färbt sich die anilinische Lösung durch die Bildung von benzoësaurem Rosanilin roth, bei steigender Temperatur dann rothviolet, blauviolet, bis bei 180° der Fortschritt in der Phenylirung weniger auffällig wird. Ist der Punkt der Bläuung erreicht, bei dem sich zwei nach einander entnommene Proben auf Papier, Porzellan oder Glas nicht mehr von einander unterscheiden, geht man zu feinerer Prüfung über, indem man die Nüancen einer alkoholischen Lösung der Schmelze und einer solchen aus einer Musterschmelze oder reinem Blau von gleicher Farbentiefe am besten bei gelbem Flammenlicht vergleicht. Man darf den Proceß bei 180° nur so weit treiben lassen, daß die Probelösung der Schmelze immer noch in bestimmtem Grade röther ist, als die Musterlösung und zur rechten Zeit muß das Feuer schnell entfernt werden, damit die Reaction sich bei sinkender Tem-

peratur vollendet. Eine neue colorimetrische und eine Prüfung durch Färben von Wolle wird in der auf 160° abgekühlten Schmelze noch einen bedeutenden Fortschritt constatiren. Verbliebe dieselbe zu lange bei 180°, so würden durch noch nicht aufgeklärte Processe die Ausbeute an Blau und dessen Eigenschaften sehr verschlechtert werden. Nach Beendigung des 8 bis 9 Stunden dauernden Schmelzprocesses wird die dünnflüssige Schmelze in die 800 L. fassende ausgebleite, mit Rührwerk und indirecter Dampfheizung versehene Fällbütte gedrückt. In der letzteren befindet sich bereits soviel 32procentige Salzsäure, daß sowohl das in der Schmelze verbliebene Anilin als auch das Triphenylrosanilin schwach übersättigt werden können. Wären z. B. 30 Kilogr. Anilin überdestillirt und zur Phenylirung des Rosanilins 22 Kilogr. Anilin verbraucht, so würden noch 198 Kilogr. zurückgeblieben sein, sodaß das Triphenylrosanilin (theils als freie Base, theils als benzoësaures Salz) noch in der siebenfachen Menge Anilin gelöst wäre. Dieser letztere Umstand verbürgt, daß ein sehr fein zertheiltes, leicht zu reinigendes und leicht in Sulfosäuren überzuführendes Blau erhalten wird. In der Fällbütte scheidet sich das Chlorwasserstoff-Triphenylrosanilin als zarter Schlamm aus; dieser wird auf bleierne, mit warmem Wasser geheizte und mit grobem Wollstoff belegte Filter gebracht, unter denen ein Vacuum hergestellt werden kann. Der Filterrückstand wird noch in hydraulischen Pressen von der Mutterlauge befreit, der Preßkuchen wird abermals mit concentrirter Salzsäure angerührt, nach der Verdünnung wird diese Masse wieder auf die Saugfilter gebracht und schließlich mit Wasser völlig ausgelaugt. Das feuchte Blau wird endlich auf Trockenblechen bei 60° in ein staubendes Pulver übergeführt, und man erhält von diesem Feinblau 40—43 Kilogr. anstatt der theoretischen Menge von 44,3 Kilogr. Außerdem setzt sich aus dem erkaltenden und verdünnten Filtrat, einer Lösung von Anilinchlorhydrat, noch eine geringe Menge von schlechterem Farbstoff, „Rückstandsblau", ab. Die auf dieser Lösung schwimmende Benzoësäure wird gesammelt und wieder benutzt, während das darin enthaltene Anilin durch überschüssigen Kalk freigemacht und mit Wasserdampf überdestillirt wird. Aus dem Destillat scheidet sich auf Zusatz von Kochsalz das Anilin

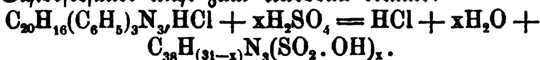
völlig ab; dasselbe zeigt einen höheren Siedepunkt als das in Arbeit genommene, noch mehr, nachdem es wiederholte Schmelzprocesse durchlaufen hat und es wird dann besser zu rothstichigem Blau verwendet. Das während der Schmelzoperation entwichene Anilin ist dagegen sehr rein; das hier zugleich auftretende Ammoniak wird in der Regel verloren. — Zur Darstellung von weniger feinem Blau verwendet man weniger Anilin; in Folge dessen erhält man bröcklige bis klumpige Fällungen, welche selbst durch wiederholtes Auskochen mit Salzsäure und Mahlen des trocknen Blaus nicht die zur Lösung in Schwefelsäure so nöthige lockere Beschaffenheit erlangen. Soll in diesem Falle trotzdem ein fein zertheiltes Blau erhalten werden, so ist folgende Fällungsmethode unumgänglich nöthig. Man läßt die 50° warme Schmelze in 90procentigen Alkohol einfließen, dann fällt man das Blau durch Salzsäure, filtrirt und wäscht dasselbe auf dem Saugfilter erst mit Weingeist und Salzsäure und zuletzt mit Wasser. Indessen verliert man hierbei durch Lösung an Feinblau und auch der Alkohol ist nicht vollständig wiederzugewinnen; bei völlig gutem Ausgangsmaterial und richtiger Leitung der Operationen ist dieses umständlichere Verfahren überflüssig. Auch eine weitere Reinigung des in vorher angegebener Weise dargestellten „Baseblaus“ ist nur in besonderen Fällen nöthig, z. B. Kochen des Blaus mit Schwefelsäure von 1,35 Vol. Gew., Lösen in Anilin und Fällen mit Salzsäure, Lösen in Alkohol und Fällen der freien Base ($C_{20}H_{16}(C_6H_5)_3N_3, H_2O$) durch Ammoniak u. s. f.

Rothstichiges Blau wird in ganz analoger Weise dargestellt; nur wird im Ansatz statt des freien Rosanilins Fuchsin und weniger und höher siedendes Anilinöl verwendet, z. B. auf 1 Thl. Fuchsin 0,25 Thl. geschmolzenes essigsaures Natron und 5 bezw. 3 Thl. Anilin von 180 bis zu 210° Siedepunkt. Die im Handel gewünschten vielfachen Abstufungen in der Farbe erreicht man am leichtesten durch Mischung von wenigen constanten Produkten.

Sulfosäuren des Anilinblaus.

Wird Triphenylrosanilin oder ein Salz dieser einsäurigen Base mit überschüssiger concentrirter Schwefelsäure erhitzt, so

bilden sich, wie die gründliche Untersuchung von Bulk [1]) gezeigt hat, je nach der angewendeten Menge der Schwefelsäure und der dabei eingehaltenen Temperatur, die Mono-, Di- oder Trisulfosäure des Triphenylrosanilins, während beim Erhitzen mit einem großen Ueberschuß von rauchender Schwefelsäure die Tetrasulfosäure erhalten wird. Es bilden sich diese Sulfosäuren (vergl. Jahrg. 13 d. Jahrb. S. 280), gemäß folgender Gleichung, worin x = 1 bis 4 ist und der Ueberschuß von Schwefelsäure nicht zum Ausdruck kommt:



$$C_{20}H_{16}(C_6H_5)_3N_3,HCl + xH_2SO_4 = HCl + xH_2O + C_{38}H_{(31-x)}N_3(SO_2 . OH)_x .$$

Zu bemerken ist hierbei, daß noch nicht sicher erwiesen ist, in welchen Gruppen die Ersetzung des Wasserstoffs durch Sulfoxyl ($SO_2 . OH$), stattfindet, wenn auch der Umstand, daß die Sulfosäuren des Rosanilins und seiner Alkyl-Substitutionsprodukte schwieriger entstehen, vielleicht dafür spricht, daß im Anilinblau der Wasserstoff der Phenylgruppen von dieser Substitution betroffen wird.[2]). Die Sulfosäuren der Anilinblaubase sind stärker als Kohlensäure; der Grad ihrer Affinität zu Basen, sowie ihrer Löslichkeit in Wasser (auch der Löslichkeit ihrer Salze) wächst mit ihrer Basicität, also mit ihrem Gehalt an Sulfoxylatomen, zugleich vermindern sich aber hiermit die für die Verwendung zum Färben werthvollen Eigenschaften des Anilinblaus, Ausgiebigkeit und Aechtheit gegen Licht und Alkalien.

Die im Jahre 1862 von Nicholson eingeführte und jetzt im größten Umfange betriebene Fabrikation des „wasserlöslichen Anilinblaus" bezweckt eine bequemere und billigere Anwendung, sowie eine gleichmäßigere und gegen Abreiben haltbarere Fixirung des Farbstoffs. Während jedoch anfangs durch Anwendung hoher Temperaturen und großer Mengen von Schwefelsäure vorwiegend die weniger werthvolle Tetra-

1) Ber. d. d. chem. Ges. 5, 417.

2) Beiläufig sei erwähnt, daß seit Kurzem die „Badische Anilin- und Sodafabrik" nach patentirtem Verfahren mit Hülfe von rauchender Schwefelsäure von 20 Proc. Anhydridgehalt die Sulfosäuren des Rosanilins und Methylviolets darstellt, um Farbstoffe zu gewinnen, welche die Anwendung von Säuren und sauren Mordants beim Färben und Drucken gestatten, und ferner, um diese Sulfosäuren durch Einführung verschiedener Radicale in andere Farbstoffe überzuführen. —

sulfosäure erhalten wurde, drücken sich die seitdem gemachten Fortschritte besonders in der Bevorzugung der Mono- und Disulfosäure aus. Das Natronsalz der Monosulfosäure ist als „Alkaliblau“ oder „Nicholsonblau“ in der Wollfärberei sehr geschätzt, während die Ammoniaksalze (auch Natron- und Kalksalze) der Di- bezw. Trisulfosäure hauptsächlich für Seide bezw. Baumwolle unter dem Namen „Wasserblau, „cottonblue“ benutzt werden; in jedem Falle sind aber nur die freien Sulfosäuren, wie es auch von den Indigosulfosäuren gilt, die wirklichen Pigmente der Faserstoffe. Die freien Sulfosäuren wie ihre Alkalisalze sind nicht krystallisirt zu erhalten; sie stellen im reinen trocknen Zustande blaue Massen mit Kupfer- bis Goldglanz dar. Das Alkaliblau erscheint im Handel in der Regel als ein hellblaues Pulver, oft mit Efflorescenzen von Natronsalzen. Gerade von diesem Blau werden zahlreiche Nüancen verlangt, welche nach einer ziemlich willkührlichen Skala (von 6 B an für reinstes Blau bis R und 2 R für reines Rothstichblau) bezeichnet werden und es liegen denselben entsprechende Nüancen des ursprünglichen Blaus zu Grunde. Die verschiedene Löslichkeit der Sulfosäuren im Wasser bedingt die verschiedene Anwendung derselben beim Färben. Im Gegensatz zu den Polysulfosäuren ist die Monosulfosäure im Wasser fast unlöslich und kann daher nicht im freien Zustande, sondern nur in alkalischer Lösung folgendermaßen angewendet werden. Die an sich schon wenig gefärbte Lösung des Alkaliblaus wird durch mäßigen Zusatz von alkalischen Stoffen wie Soda, Borax, Wasserglas noch mehr entfärbt. In einem so bereiteten heißen Bade wird die Wolle einige Zeit belassen; hierbei fixirt sie, ohne sich zu färben, das Natronsalz der Monosulfosäure, worauf sie ausgerungen und gespült wird. Bringt man dieselbe schließlich in ein verdünntes erwärmtes Säurebad, so entwickelt sich plötzlich das Blau; man wird aber nur dann eine sehr brillante Färbung erhalten, wenn das alkalische Bad den Farbstoff als Monosulfosäure enthielt. Die höheren Sulfosäuren werden nur in saurem Bade von Wolle und Seide fixirt; die Trisulfosäure erfordert zur Befestigung auf Baumwolle die Vermittelung von Beizen. Durch überschüssige Natronlauge wird übrigens die Lösung der Mono- und Disulfosäure braunroth gefärbt, die der Trisulfosäure ent-

färbt und einer solchen Flüssigkeit läßt sich durch Schütteln mit Aether nichts entziehen, wodurch der letztere nach dem Abheben und Ansäuern mit Essigsäure blau gefärbt würde, während sich die wässrige Lösung beim Ansäuern wieder bläut. Hierdurch kann das Spiritusblau von den Sulfosäuren unterschieden werden; mit überschüssiger Natronlauge liefert es ebenfalls eine braunrothe Lösung, aus welcher aber Aether die freie Base auszieht, so daß sich derselbe auf Zusatz von Essigsäure bläut.

Was die Darstellung der Sulfosäuren anlangt, so kann der Referent diesen an Specialerfahrungen sehr reichen Gegenstand nur ganz oberflächlich behandeln und er verweist auf die eingehende Abhandlung von C. E .(a. a. O.). Wurtz giebt als Mittheilungen von Poirrier an, daß die Monosulfosäure bei Anwendung der zweifachen Menge 66grädiger Schwefelsäure (auf 1 Thl. Spiritusblau) bei höchstens 40° C., die Disulfosäure durch die vierfache Menge Schwefelsäure bei 50° und die Trisulfosäure mit einem Gewicht von 4 Thl. englischer und 2 Thl. rauchender Schwefelsäure bei 60° innerhalb 4—12 Stunden erhalten werde. Dagegen schreibt C. E. für die Monosulfosäure, deren Herstellung am schwierigsten sei, die zehnfache Menge englischer Schwefelsäure und 30—35° als Temperatur der Einwirkung vor, falls feines Baseblau zu lösen ist; „härtere" Sorten, wie es in der Regel die röthlichen Blaue sind, werden entweder durch Zuhülfenahme von rauchender Schwefelsäure, oder durch gradmäßige Temperatursteigerung bis höchstens 50° gelöst. Die Polysulfosäuren werden nach C. E. mit der 3—4fachen Menge englischer Schwefelsäure bei allmäliger Steigerung der Temperatur bis etwa 100° dargestellt; indessen wird auch dieser Proceß namentlich bei gröberen Sorten von Blau durch Mitbenutzung von rauchender Schwefelsäure zweckmäßig befördert. — Die Gefäße, worin die Lösung des Blaus geschieht, sind ausgebleite oder emaillirte Gußeisenkessel, oder in Kupferhüllen eingesetzte Steinzeugtöpfe, welche in Wasser- oder Dampfbädern stehen. Das Eintragen des fein gepulverten Blaus in die Säure muß unter sorgfältigstem Umrühren geschehen; der Fortschritt, bezw. das Ende der Lösung wird durch häufige Proben erkannt. Die Monosulfosäure ist im Wasser unlöslich, die Disulfosäure im

reinen Wasser löslich, aber nicht in stark angesäuertem, die Tri- und Tetrasulfosäure lösen sich auch in stark saurem Wasser. Uebrigens entstehen die Polysulfosäuren gleichzeitig nebeneinander, so daß es sich nur um Darstellung von Producten handelt, in denen die eine oder andere vorwaltet. Ein Tropfen der für Alkaliblau bestimmten fertigen Lösung muß sich in 5 Cubikcentim. von nur zweiprocentiger, aber nicht schwächerer, Ammoniaklösung völlig lösen. — Nach Beendigung des Lösungsprocesses wird die überschüssige Schwefelsäure entfernt, was durch Zusatz gewisser Wassermengen, Filtration und Auspressen der gefällten Sulfosäuren und Wiederholung dieser Operationen geschieht. Durch die Entfernung der überschüssigen Schwefelsäure in nicht zu großer Verdünnung wird auch noch eine erhebliche Reinigung des Farbstoffs erreicht. Die gereinigte Monosulfosäure wird am besten mit Natronlauge genau neutralisirt, worauf durch Eindampfen, dann Trocknen in ventilirten Räumen bei 50° und endlich Pulverisiren in Kugelmühlen das „Alkaliblau" fertig gestellt wird. Nach Wurtz erfordert die Trisulfosäure, weil sie selbst in stark saurem Wasser sehr löslich ist, behufs Abscheidung der überschüssigen Schwefelsäure folgende Behandlung. Es wird die rohe Lösung mit Kalk gesättigt, durch Filtration der Gyps beseitigt, durch einen Strom von Kohlensäure der Kalküberschuß entfernt und das noch gelöste Kalksalz der Trisulfosäure mittelst kohlensauren oder schwefelsauren Natrons umgesetzt, worauf die Lösung eingedampft und das wasserlösliche Blau in ventilirten warmen Räumen getrocknet wird.

Diphenylaminblau.

Eine ähnliche Umgestaltung, wie sie sich in der Fabrikation des Anilinviolets vollzogen, hat seit einigen Jahren in der Herstellung der blauen Farbstoffe begonnen. Man war anfänglich genöthigt, zur Gewinnung des Violets das Rosanilin zu äthyliren oder zu methyliren, so wie man durch Phenylirung des Rosanilins das Blau gewann. Jetzt methylirt man direct das Anilin und erhält aus dem Methylanilin durch Wasserstoffentziehung das Violet, und in analoger Weise gewinnt man das Blau durch Wegnahme von Wasserstoff aus phenylirtem Anilin d. i. Diphenylamin. Bei

der trocknen Destillation des Anilinblaus entsteht, wie 1864 A. W. Hofmann zeigte, eine gewisse Menge Diphenylamin und nachdem durch diesen genialen Forscher die Constitution des Rosanilins und Anilinblaus erklärt worden war, lag der Gedanke nahe, durch einen dem vom Anilin zum Rosanilin führenden analogen Proceß direct aus dem Diphenylamin das Blau darzustellen. Bereits 1867 war derartig bereitetes Blau in Paris ausgestellt und zwar von Girard und de Laire, welchen es zuerst gelang, das erforderliche Diphenylamin wie auch die homologen secundären Monamine in ökonomischer Weise zu fabriciren. Im Jahre 1869 nahmen de Laire und Girard und fast gleichzeitig Bardy Patente auf die Erzeugung der tertiären Monamine, welche durch Einführung von Methyl oder Aethyl, Amyl, Benzyl in das Diphenylamin entstehen und auf Ueberführung dieser Alkylderivate in blaue Farbstoffe, welche noch brillanter als der aus dem Diphenylamin zu gewinnende sind. Die Zusammensetzung des Diphenylaminblaus, Methyldiphenylaminblaus und ihrer Verwandten ist noch nicht sicher bekannt und auch die Fabrikation derselben ist noch nicht recht durchsichtig.[1]) Eine ausgebreitetere Verwendung finden diese Farbstoffe erst seitdem statt der nur in Alkohol löslichen Salze der Farbstoffbasen die in Wasser löslichen Sulfosäuren derselben in den Handel kommen und es sollen sich dieselben in Folge der Reinheit ihrer Nüancen innerhalb weniger Jahre ein ziemlich weites Feld erobert haben. Ein Streiflicht auf die hierdurch dem Rosanilinblau erwachsene Concurrenz fällt vielleicht durch eine Angabe des von Gehe & Co. ausgegebenen Handelsberichtes von 1878, wonach einige Fabriken von Benzoësäure aus Kuhharn den Betrieb eingestellt haben, weil ihr Product in der Anilinblaufabrikation nicht mehr genügenden Absatz findet; indessen könnte dieser Erscheinung auch ein Umschwung in der Benzoësäurefabrikation zu Grunde liegen. Nach Mittheilung des Farbenfabrikanten Kalle wird die Disulfosäure des Diphenylaminblaus in der Seiden- und Baumwollfärberei verwendet, während für die Wollfärberei die Monosulfosäure erforderlich sei.

1) Dem aus Diphenylamin und Oxalsäure entstandenen Blau schreiben E. und O. Fischer die Formel $C_6H_5 . NH . C_6H_3 = C = (C_6H_4 . NH . C_6H_5)_2$ zu.

Ueber die jetzige Fabrikationsmethode des Diphenylaminblaus und seiner Verwandten hat Wurtz in seinem angezogenen Werke Mittheilungen gemacht, woraus folgender Ueberblick entlehnt ist. Früher wurde das Diphenylaminblau zunächst als spirituslösliche Verbindung erzeugt und nach einer sehr umständlichen Reinigung durch concentrirte Schwefelsäure in die wasserlösliche Sulfosäure übergeführt. Zu erstgenanntem Zwecke wurde, wie u. A. E. Kopp beschreibt (Bolley, Handb. d. chem. Technol. V. Band S. 473), eine Mischung von Diphenylamin $(C_6H_5)_2HN$, und Ditolylamin $(C_6H_4 . CH_3)_2HN$ am besten im Gewichtsverhältniß von 18 zu 11 mit bestimmten, Wasserstoff entziehenden Reagentien, namentlich mit Kohlensesquichlorid d. i. Dicarbonhexachlorid, C_2Cl_6, bei bestimmter Temperatur längere Zeit behandelt, wobei Dicarbontetrachlorid, C_2Cl_4, überdestillirte. Reines Diphenylamin würde bei dieser Behandlung ein schwärzliches, in Violett spielendes Blau, reines Ditolylamin ein Rothbraun ergeben, während man aus der angegebenen Mischung ein schönes reines Blau erhält. — Heute wird so verfahren, daß man das Sulfoxyl $(SO_2 . OH)$ direct in das secundäre bezw. die tertiären Monamine einfügt, also die Sulfosäure von Diphenylamin, bezw. von Methyl-, Aethyl-, Amyl-, Benzyl-Diphenylamin darstellt und diese mit überschüssiger krystallisirter Oxalsäure bis höchstens 130° erhitzt. Ein kürzerer Weg ist der, die Oxalsäure auf das Diphenylamin oder dessen Alkylderivate und hiernach sogleich auf das erhaltene Rohproduct concentrirte Schwefelsäure einwirken zu lassen, um die wasserlöslichen Farbstoffe zu gewinnen.[1]) Die Rolle der Oxalsäure wurde so erklärt, daß dieselbe durch Aufnahme von Wasserstoff in Ameisensäure übergeht: $(CO . OH)_2 + H_2 = 2 H.CO.OH$; indeß ist zu bemerken, daß Diphenylamin und seine Alkylderivate, durch Salpetersäure oxydirt, zum Theil andersfarbige Stoffe liefern, als bei der Behandlung mit Oxalsäure. E. und O. Fischer vermuthen, daß die Bildung des Blaus aus Diphenylamin und Oxalsäure ähnlich der des Aurins aus Phenol und Oxalsäure, nämlich unter Mitwirkung

1) Bezüglich der verschiedenen Modificationen dieser Verfahren siehe die neueren Patente von Girard: Wagner's Jahresber. 1875 u. 1876.

des nascirenden Kohlendioxydes verlaufe (s. o.). Die reichlichen Mengen farbloser Körper, welche sich bei beiden Processen gleichzeitig bilden, sind wohl auf die Einwirkung von Ameisensäure zurückzuführen. Durch das Oxalsäureverfahren gewinnt man aus Diphenylamin ein etwas eintöniges grünliches Blau, während Methyldiphenylamin ein schöneres, Aethyldiphenylamin ein noch reicheres, reineres Blau und Benzyldiphenylamin ein sehr schönes Blaugrün liefert. Uebrigens kommen diese Sulfosäuren als Ammoniaksalze für Seidenfärberei, als Natronsalze für Wolle und als Kalksalze für Baumwolle in den Handel:

Darstellung von Diphenylamin.

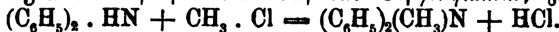
Die Darstellung des Diphenylamins geschieht durch 24stündige Einwirkung von salzsaurem Anilin auf freies Anilin bei 250° unter einem Druck von 4—5 Atm. in emaillirten gußeisernen Autoclaven:

$$C_6H_5 . H_2N . HCl + C_6H_5 . H_2N = (C_6H_5)_2HN + HCl + NH_3.$$

Diese Reaction verläuft nie vollständig, da das Ammoniak im umgekehrten Sinne der Gleichung zersetzend auf das Diphenylamin einwirken kann. Läßt man aber von Zeit zu Zeit das im Autoclaven angehäufte Ammoniak entweichen, so steigert sich die Ausbeute an Diphenylamin auf 50 Proc. des verwendeten Anilins, während man ohne diese Vorsicht nur 25 Proc erhält. Zur Trennung des Diphenylamins von dem nicht angegriffenen Anilin bildet man durch concentrirte Salzsäure die Chlorwasserstoffsalze und fügt dann die 6—10fache Menge Wasser zu, wodurch das salzsaure Anilin unverändert gelöst, dagegen das Diphenylaminsalz zersetzt wird in Säure und die freie Base; letztere schwimmt auf der Flüssigkeit, erstarrt hier und wird abgehoben, gewaschen, gepreßt und destillirt. Das Destillat schmilzt bei 50—55° und siedet bei ungefähr 310°.

Die Einfügung der Alkoholradicale Methyl, Aethyl, Amyl in das Diphenylamin geschieht fabrikmäßig so, daß eine Mischung von Diphenylamin, concentrirter Salzsäure und dem betreffenden Alkohol in 300 L. fassenden, auf einen Druck von 40—50 Atm. geprüften und im Oelbad stehenden emaillirten gußeisernen Autoclaven 8—10 Stunden lang auf

200—250° (10 Atm.) erhitzt wird. Die Darstellung der Amylverbindung erfordert etwas höhere Temperatur. (Das Benzyl läßt man als fertiges Benzylchlorid auf Diphenylamin einwirken.) Hierbei entsteht zunächst Chlorwasserstoff-Diphenylamin; dieses Salz zerfällt aber in höherer Temperatur, der frei gewordene Chlorwasserstoff setzt sich mit dem Alkohol zu Alkylchlorür und Wasser um und das erstere wirkt im Entstehungsmoment substituirend auf das Diphenylamin, z. B.



$$(C_6H_5)_2 . HN + CH_3 . Cl = (C_6H_5)_2(CH_3)N + HCl.$$

Das erkaltete Product wird mit heißer Natronlauge versetzt, wodurch sich das entstandene tertiäre Monamin nebst unverändertem Diphenylamin als freie Basen ausscheiden; die ölige Mischung derselben wird abgegossen und destillirt. Hierauf führt man beide Basen in Chlorwasserstoffsalze über, von denen das Diphenylaminsalz beim Erkalten auskrystallisirt; das in Lösung verbliebene Salz des tertiären Amins wird durch die 15fache Menge Wasser in Säure und Base zerlegt, und die letztere (ölförmig) wird decantirt, gewaschen und destillirt.

Darstellung von Diphenylaminblau.

Die Herstellung der Sulfosäuren der Monamine geschieht durch 12stündige Behandlung der Base mit der 2/3fachen Menge 66gräd. Schwefelsäure bei 130—140°. Hierbei entstehen die Mono- und die Disulfosäure. Das Rohproduct wird in heißem Wasser gelöst und mit kohlensaurem Baryt gesättigt, wodurch die überschüssige Schwefelsäure entfernt wird, während die Barytsalze der Sulfosäuren gelöst bleiben und durch Benutzung ihres verschiedenen Löslichkeitsgrades (die monosulfosauren Salze sind die schwerer löslichen) von einander geschieden werden können. Durch Zersetzung des Barytsalzes mit Schwefelsäure wird die Sulfosäure freigemacht. Die Diphenylamin-Monosulfosäure, $(C_6H_5)(C_6H_4 . SO_2 . OH)HN$, ist eine weiße krystallisirte, an der Luft blauwerdende Masse. — Diese Sulfosäuren lassen sich unter Anwendung von Oxydationsmitteln direct zur Hervorbringung von schwarzen und violetten Farben auf Faserstoffen verwenden. — Die Bildung des Farbstoffs vollzieht sich beim 20stündigen Erhitzen der Sulfosäuren mit der 2fachen Menge Oxalsäure in emaillirten Eisenretorten auf höchstens 130°. Das erkaltete

Product wird in siedendem Wasser aufgenommen, mit Ammoniak neutralisirt und durch Filtration von einem weißen krystallisirten Nebenproducte und von regenerirtem Diphenylamin befreit. Um den unangegriffen gebliebenen Theil der Sulfosäuren abzuscheiden, wird das Filtrat mit Schwefelsäure versetzt, wodurch der in saurer Flüssigkeit unlösliche Farbstoff gefällt wird, während die Sulfosäuren gelöst bleiben und in den Betrieb zurückgeführt werden. Der Farbstoff wird mit angesäuertem Wasser gewaschen und durch Neutralisiren mit Ammoniak, Natron oder Kalk, Eindampfen und Pulverisiren in das verlangte Handelsproduct übergeführt.

Das Methyldiphenylaminblau wird auch kurz als „Methylblau" bezeichnet. — Das in neuester Zeit aufgetauchte „Methylenblau", nach der Ansicht von Ch. Kopp[1]) ein tetramethylirtes Chrysoidin, gehört zu den blauen Farbstoffen, welche u. A. die „Badische Anilin- und Sodafabrik" aus Dimethylanilin bezw. anderen tertiären aromatischen Aminen in der Weise darstellt[2]), daß das Dimethylanilin mittelst Salzsäure und salpetrigsauren Natrons in Nitroso-Dimethylanilin, dieses mit Salzsäure und Schwefelwasserstoff in Amido-Dimethylanilin verwandelt, letzteres durch Eisenchlorid oxydirt und der entstandene Farbstoff durch Ausfällen mit Kochsalz und Chlorzink in seine Verbindung mit Chlorzink übergeführt wird.

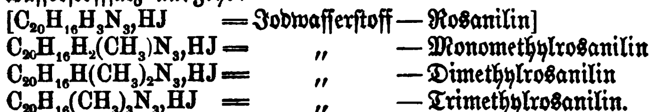
Jodviolett und Jodgrün.

Das Rosanilinmolekül, $C_{20}H_{19}N_3$, kann unter geeigneten Bedingungen ein bis sechs Atome einwerthiger Alkoholradicale namentlich aus der Fettreihe, also von der Formel (C_nH_{2n+1}), aufnehmen und es entstehen hierdurch violette bezw. grüne Farbstoffe, von denen die Methylverbindungen am besten untersucht sind und große technische Wichtigkeit erlangt haben. Wir verdanken diese Untersuchungen A. W. Hofmann (1864) und bezw. Hofmann und Girard (1869). Am leichtesten wirkt das Methyl in Form seines Jodids auf das Rosanilin ein. Eine leichte Uebersicht über die bei diesem Processe mög-

1) Bull. soc. ind. Mulh. 1878 S. 946; Beschreibung der Fabrikation von Ad. Kopp, Monit. scientif. 1879 p. 79.

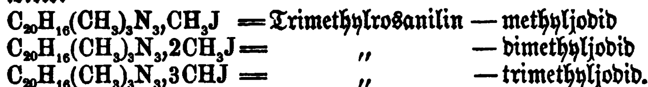
2) Wagners Jahresbericht 1878 S. 1056.

lichen und bei passendem Mengenverhältniß der Ingredienzen der Reihe nach wirklich entstehenden Producte erlangt man, wenn man das Rosanilin als ein Triamin mit drei disponiblen Wasserstoffatomen auffaßt und z. B. von seinem Jodwasserstoffsalz ausgeht:


[$C_{20}H_{16}H_3N_3,HJ$ = Jodwasserstoff — Rosanilin]
$C_{20}H_{16}H_2(CH_3)N_3,HJ$ = " — Monomethylrosanilin
$C_{20}H_{16}H(CH_3)_2N_3,HJ$ = " — Dimethylrosanilin
$C_{20}H_{16}(CH_3)_3N_3,HJ$ = " — Trimethylrosanilin.

Die Basen dieser Jodhydrate werden durch Einwirkung von Alkalihydraten frei, z. B. $C_{20}H_{16}(CH_3)_3N_3$; ihre Salze sind jene brillanten violetten Farbstoffe, welche unter den Namen Hofmann's Violett, Jodviolett, Dahlia, Primula berühmt geworden sind, und ihre Nüance spielt desto weniger in das Roth, je größer ihr Methylgehalt ist. Werden diese Farbstoffe auch mit Hülfe von Methyljodid dargestellt, so werden sie doch schon seit langer Zeit nicht mehr in Form der nur in Alkohol löslichen Jodhydrate, sondern als wasserlösliche Salze des Chlorwasserstoffs oder der Essigsäure in den Handel gebracht; am meisten ist als „Violet Hofmann" das Salz $C_{20}H_{16}(CH_3)_3N_3,HCl$ verwendet worden. Uebrigens ist in manchen Schattirungen von Hofmann's Violet das Methyl gänzlich oder theilweise durch Aethyl ersetzt.

Wie das Rosanilin kann sich auch das Trimethylrosanilin mit 1—3 Mol. Säure verbinden; in diesen Salzen der letzteren Base kann man sich nun den Wasserstoff der Säure durch Methyl oder analoge Radicale ersetzt denken. In der That bilden sich folgende, dem Mono-, Di- oder Trijodhydrat des Trimethylrosanilins entsprechende Verbindungen, wenn Methyljodid in geeigneter Weise auf Trimethylrosanilin einwirkt:


$C_{20}H_{16}(CH_3)_3N_3,CH_3J$ = Trimethylrosanilin — methyljodid
$C_{20}H_{16}(CH_3)_3N_3,2CH_3J$ = " — dimethyljodid
$C_{20}H_{16}(CH_3)_3N_3,3CHJ$ = " — trimethyljodid.

Diese, auch als Jodmethylate bezeichneten Verbindungen wurden von Hofmann und Girard als Jodide von Ammoniumbasen $C_{20}H_{16}(CH_3)_3,N_3,CH_3 . OH$; $C_{20}H_{16}(CH_3)_3N_3,(CH_3 . OH)_2$ u. s. w. aufgefaßt und es lassen sich die letzteren, allerdings unähnlich anderen Ammoniumbasen, schon durch Einwirkung

von Natronhydrat aus den Jodiden frei abscheiden; am besten untersucht ist die erstgenannte Base, Trimethylrosanilinmonomethylhydrat. Die Salze des Mono- und Trimethylhydrats sind violette Farbstoffe, die des Dimethylhydrates sind unter dem Namen „Jodgrün“ zu großem Rufe gelangt. Selbstverständlich können alle diese Jodmethylate auch direct aus dem Rosanilin durch Einwirkung von Methyljodid erhalten werden; auch treten sie immer bei Bereitung des Trimethylrosanilinvioletts bezw. des Jodgrüns in wechselnden Mengen nebeneinander als secundäre Producte auf. Wie leicht beweglich die von dem Rosanilin aufgenommenen sogen. „äußeren“ Methylgruppen sind, zeigt sich ganz besonders in der Thatsache, daß in einer kalten alkoholischen Lösung, welche neben einem Rosanilinsalz (Fuchsin) eine bestimmte Menge von einem Salz des Trimethylrosanilindimethylhydrates (Jodgrün, Methylgrün) enthält, und welche anfangs eine blaue Mischfarbe zeigt, in längerer Zeit die letztgenannte Verbindung verschwindet und dafür die violetten Salze des Mono-, Di- und Trimethylrosanilins entstehen. Bei der Darstellung von Jodgrün (Trimethylrosanilindimethyljodid) aus essigsaurem Rosanilin und Jodmethyl treten als Nebenproducte die violetten Jodmethylate, namentlich das in Alkohol schwer lösliche und prachtvoll krystallisirende Trimethyljodid auf und es ist dies leicht erklärlich bei der großen Fähigkeit dieser Verbindungen, in einander überzugehen. So leicht, als das violette Monomethyljodid sich mit Jodmethyl zu Jodgrün und dieses sich mit Jodmethyl zu dem violetten Trimethyljodid vereinigt, so leicht spaltet sich beim Erhitzen auf 100—120° aus dem Jodgrün 1 Mol. Methyljodid ab, wodurch dasselbe in Violett übergeht, ein bekannter Uebelstand bei gewissen praktischen Verwendungen des Jodgrüns (z. B. bei heißer Appretur damit gefärbter Zeuge), auf der anderen Seite ein Mittel, dessen Entstehung bei der Erzeugung des Jodvioletts zu unterdrücken. Ferner kann sich das Jodgrün beim Erhitzen in alkoholischer Lösung spalten in das violette Mono- und Trimethyljodid. — Zu erwähnen ist noch, daß das aus Rosanilinacetat und Jodmethyl bereitete Jodgrün nur anfänglich als Jodid, $C_{20}H_{16}(CH_3)_3N_3,(CH_3.J)_2+H_2O$, dagegen in den späteren Zeiten als pikrinsaures Salz in den Handel kam, während heute meist die in Wasser leicht lösliche

Doppelverbindung des Trimethylrosanilin-Dimethylchlorids mit Chlorzink, $C_{20}H_{16}(CH_3)_3N_3,(CH_3 . Cl)_2 + ZcCl_2 + H_2O$, gebräuchlich ist.

Ueber die Fabrikation von Hofmann's Violett und Jodgrün ist in diesem Jahrb. bereits Jahrg. II. S. 319 bezw. Jahrg. VI. S. 389 berichtet worden. Inzwischen sind diese prächtigen Farbstoffe fast vollständig verdrängt worden durch das in zweckmäßigerer Weise aus dem Dimethylanilin zu gewinnende Methylviolett und Methylgrün; immerhin dürften die a. a. O. gegebenen Mittheilungen über den genannten Gegenstand einige Nachträge verdienen. Das Jodmethyl wird in emaillirten gußeisernen Retorten mit Doppelboden durch allmäligen Zusatz und zweitägige Einwirkung von 10 Kilogr. rothem Phosphor auf eine Mischung von 100 Kilogr. Jod und ca. 60 Kilogr. Methylalkohol und darauf folgende Destillation rein dargestellt. Zur Erzeugung des Jodvioletts läßt man [1]) auf 1 Mol. Rosanilin (10 Kilogr.), je nachdem Roth- oder Blauviolett erhalten werden soll, 1—2 oder 2 bis 4 Mol. Jodmethyl (10 oder 20 Kilogr.) bei Gegenwart von Natronhydrat (10 Kilogr.) und einer größeren Menge von als Lösungsmittel dienendem Methylalkohol (100 L.) einwirken, aber nicht, wie früher üblich, in Druckkesseln bei Temperaturen über 100°, sondern unter gewöhnlichem Druck beim Siedepunkt der Mischung in eiförmigen kupfernen Retorten, welche mit einem Rückflußkühler (Cohobirschlange) und einer Destillationsschlange in Verbindung stehen und durch ein Dampfbad geheizt werden können. Der Zusatz von Natronhydrat erfolgt in der Absicht, die Bildung von Jodmethylaten des Trimethylrosanilins durch Einwirkung des überschüssigen Jodmethyls hintanzuhalten; außerdem wird dadurch die Violettbase bei der nachherigen Behandlung mit Wasser frei erhalten. (Wird, wie es früher üblich war, das Aetznatron erst beim Lösen der Rohschmelze in Wasser angewendet, nur in der Absicht, die zunächst als Jodhydrat erhaltene Violettbase in ein anderes Salz überführen zu können, so bilden sich größere Mengen von Jodgrün als Nebenproduct und es ist dann ein ähnliches Verfahren zur

---

1) Bericht der Jury der internationalen Ausstellung zu Paris 1867; von Hofmann, de Laire und Girard.

Trennung von Violett und Grün geboten, wie es weiter unten erwähnt wird.) Nach mehrstündigem Erhitzen der Mischung destillirt man den Ueberschuß von Jodmethyl und den Alkohol ab, wäscht den Rückstand mehrmals mit Wasser aus, um das gebildete Jodnatrium und das überschüssige Aetznatron zu entfernen, löst dann die zurückgebliebene Base in Salz- oder Essigsäure und fällt den Farbstoff durch Kochsalz oder essigsaures Natron bezw. durch Neutralisiren der überschüssigen Säure mit Soda aus.

Das Jodgrün wird kurz folgendermaßen bereitet. Eine Mischung von 10 Kilogr. essigsaurem Rosanilin, 20 Kilogr. Jodmethyl und 20 Kilogr. Methylalkohol wird in mit Rührwerk versehenen und in Oelbäder tauchenden emaillirten eisernen Autoclaven unter steter Bewegung 3—4 Stunden lang erhitzt, anfänglich auf 120°, wobei der Druck auf 10—12 Atm. steigt, später aber nur bis 60°. Nach dem Erkalten läßt man die flüchtigen Producte austreten, wobei das entweichende Jodmethyl in Absorptionsgefäßen durch Natronlauge und der Methyläther in anderen durch eine Mischung von saurem chromsauren Kali und Schwefelsäure zurückgehalten wird. Alsdann destillirt man im Wasserbad das übrig gebliebene Methyljodid ab, behandelt den Rückstand, welcher neben Jodgrün namentlich noch das violette Trimethyljodid enthält, mit 60° warmem Wasser, worin sich nur sehr wenig Violett, wohl aber alles Jodgrün löst; die gelösten Antheile des ersteren beseitigt man durch vorsichtiges Neutralisiren der sauren Lösung mit Soda und Zusatz von Kochsalz, wodurch es an der Hand einiger Färbeversuche gelingt, alles Violett auszufällen. Die durch Filterpressen mit sehr dichten Wolltüchern geklärte Lösung wird mit überschüssigem Chlorzink und Kochsalz versetzt, wie es bei der Bereitung des Methylgrüns geschieht, um das Grün in die Form der oben erwähnten in Wasser löslichen Verbindung überzuführen und auszufällen. Bei dieser Umsetzung verbleibt das entstandene Jodnatrium und Jodzink in der Mutterlauge.

Methylanilinviolett (Methylviolett).

E. Kopp beobachtete zuerst die Entstehung violetter Farbstoffe durch Oxydation von Anilin, in welches Alkoholradicale für Wasserstoff eingetreten waren und daß, je weiter sich diese

Substitution erstreckt hat, die entstehenden Farbstoffe sich desto mehr vom Roth entfernen und dem Blau nähern. Etwas später (1861) stellte Ch. Lauth aus methylirtem Anilin durch Oxydation mit Arsensäure sehr schöne violette Farbstoffe dar, aber ohne denselben industrielle Zukunft zusprechen zu können. Zu dieser Zeit war die Constitution des Rosanilins und des Anilinblaus noch nicht bekannt; als dieselbe später durch A. W. Hofmann enthüllt war, tauchte augenblicklich der Gedanke auf, anstatt methylirtes oder äthylirtes Anilin auf violette Farbstoffe zu verarbeiten, letztere vielmehr durch Einführung der Alkoholradicale in das Rosanilin darzustellen. Aus den von Hofmann in dieser Richtung angestellten Versuchen entwickelte sich dann auch bald die Industrie des sogen. Jodvioletts, welche in der Fabrikation des Jodgrüns ihren Höhepunkt erreichte. Das Aufblühen dieser Industrie, zugleich aber das Bestreben, sich von einem so kostbaren und der Preissteigerung so sehr ausgesetzten Material, wie das Jod, frei zu machen und die massenhafte Verwendung der Arsensäure zu vermeiden, förderten damals auch die Bemühungen, das Violett und Grün mit gänzlicher Umgehung des Rosanilins aus methylirtem Anilin zu gewinnen. Die Wiederaufnahme der Lauth'schen Versuche konnte aber erst dann zu einem industriell verwerthbaren Ergebniß führen, als es Bardy, dem Leiter der Fabrik von Poirrier und Chappat in Paris 1866 gelungen war, eine billige Fabrikation des erforderlichen Methylanilins ins Leben zu rufen. Die Anwendung des Jodmethyls und des sehr flüchtigen Chlormethyls vermeidend, gewinnt man nach Bardy das Methylanilin durch Erhitzen von salzsaurem Anilin und Methylalkohol in Autoclaven auf ca. 300° und es verbreitete sich diese Fabrikationsweise bald auch in Deutschland, wo schon 1872 täglich mehr als 500 Kilogr. Methylanilin erzeugt wurden. Der zweite Theil der Aufgabe, ein zweckmäßiges Verfahren zur Oxydation des Methylanilins zu finden, ist in Poirrier's Fabrik durch Lauth zuerst erfolgreich gelöst worden; von den vielen in Poirrier's Patent aufgeführten Oxydationsmitteln (worunter auch ein Gemisch von chlorsaurem Kali und Jod, also Jodsäure) haben indeß nur wenige in der Praxis Eingang gefunden (s. w. u.). So ist allmälig die Fabrikation zunächst von „Methylviolett" oder „Violet de Paris"

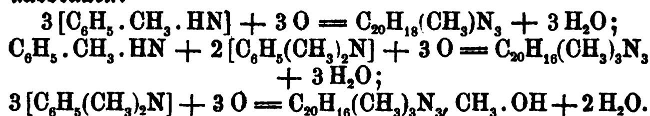
und zwar auf Kosten des Jodvioletts in schwunghaften Betrieb gelangt.

Was die Bildung und Constitution des Methylvioletts und seine Beziehung zum Jodviolett anlangt, so war es wieder dem Forschertalente Hofmann's vorbehalten, hierüber Licht zu verbreiten. Hofmann zieht aus seinen Untersuchungen [1]) den Schluß, daß die aus dem Dimethylanilin durch Oxydation hervorgehenden violetten Farbstoffe mit den durch Methylirung des Rosanilins gebildeten identisch sind. Zu weiterer Erläuterung werden folgende kurze Angaben hier hinreichend sein. In dem reinen Dimethylanilin, $C_6H_5.(CH_3)_2N$, erblickt jetzt die Praxis das geeignetste Material zur Verwandlung in Violett. Wie noch jüngst von Monnet, Reverdin und Nölting [2]) durch umfängliche Untersuchungen nachgewiesen wurde, giebt bei der in der Methylviolettfabrikation gebräuchlichen Oxydation mit Kupferchlorid nur das Dimethylanilin eine gute Ausbeute an brauchbarem Farbstoff. Das Monomethylanilin sowohl wie das Dimethylorthotoluidin liefern zwar ein schönes Violett, röthlicher als das vom Dimethylanilin stammende, jedoch ist die Ausbeute gering. Aus dem Monomethylorthotoluidin erhält man eine beträchtliche Ausbeute an Violett, dasselbe ist aber in Wasser wenig löslich. Die Methylderivate der beiden anderen Toluidine liefern endlich nur bräunliche oder graue Producte, die gar keinen Werth haben, und ihre Gegenwart im Methylanilin ist deshalb sorgfältig zu vermeiden. — Bei der Methylirung des Anilins nach erwähnter Methode entsteht neben Dimethylanilin immer Monomethylanilin in wechselnden Mengen (0,5—50 Proc.); indessen trifft man in dem heute zur Violettbereitung benutzten Dimethylanilin nur 0,5—5 Proc. Monomethylanilin an. Hofmann hat nun gezeigt, daß durch Oxydation mit Chlorkupfer (Kupfernitrat und Kochsalz) oder mit chlorsaurem Kupfer (chlorsaures Kali und Kupfervitriol) 1) aus Monomethylanilin die Base des sehr röthlichen Violetts, das Monomethylrosanilin, erhalten wird, während 2) ein Gemenge von Mono- und Dimethylanilin die Base des Jodvioletts, also Trimethylrosanilin liefert

1) „Ueber die violetten Farbabkömmlinge der Methylaniline": Ber. d. d. chem. Ges. 1873 S. 352.

2) Ber. d. d. chem. Ges. 1878 S. 2278.

und 3) daß reines Dimethylanilin die Violettbase Trimethylrosanilin-methylhydrat ergiebt, wie es folgende Gleichungen ausdrücken:

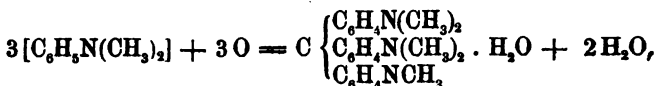


$$3\,[C_6H_5\,.\,CH_3\,.\,HN] + 3\,O = C_{20}H_{18}(CH_3)N_3 + 3\,H_2O;$$

$$C_6H_5\,.\,CH_3\,.\,HN + 2\,[C_6H_5(CH_3)_2N] + 3\,O = C_{20}H_{16}(CH_3)_3N_3 + 3\,H_2O;$$

$$3\,[C_6H_5(CH_3)_2N] + 3\,O = C_{20}H_{16}(CH_3)_3N_3,\ CH_3\,.\,OH + 2\,H_2O.$$

Hofmann bewies, daß diese Produkte dieselbe Zusammensetzung bei gleichen Eigenschaften haben und gleiche Umwandlungsprodukte liefern, wie die entsprechenden aus Rosanilin durch Jodmethyl entstehenden, daß also jene mit diesen identisch sind. Das fabrikmäßig aus möglichst reinem Dimethylanilin erzeugte Methylviolett ist hiernach das Chlorid der Base Trimethylrosanilin-monomethylhydrat und die Formel dieses Farbstoffs ist: $C_{20}H_{16}(CH_3)_3N_3,\ CH_3\,.\,Cl$. Der älteren Ansicht von der Constitution des Rosanilins, wornach dieses, wie auch das daraus entstehende Violett zwei Tolylengruppen, $(C_6H_3\,.\,CH_3)$ enthält, bereitete die Erklärung der Entstehung dieser Gruppen aus dem Methylanilin (und gerade das reinste Dimethylanilin ist ja das zur Violettbildung geeignetste Material) einige Schwierigkeiten; es wurde eine bei Gelegenheit des Oxydationsprocesses sich vollziehende Einwanderung oder Verschiebung der Methylatome, welche im Methylanilin an den Stickstoff gebunden sind, in den Benzolrest angenommen und in dieser Beziehung auf einige analoge Fälle hingewiesen, wie z. B. auf die von Hofmann und Martius ausgeführte Umwandelung des Methylanilins, $C_6H_5\,.\,CH_3\,.\,HN$, durch sehr hohe Temperatur in Toluidin, $(C_6H_4\,.\,CH_3)H_2N$. Nach der Fischer'schen Auffassung der Constitution des Rosanilins gewinnt auch die Formel der Base des Methylvioletts eine neue Gestalt, die freilich davon abhängt, ob die Violettbase auf den Kohlenwasserstoff $C_{20}H_{18}$, wie es nach Hofmann's Untersuchung angezeigt erschiene, oder auf das Triphenylmethan, $C_{19}H_{16}$, zurückgeführt wird. Caro und Gräbe, wie auch E. und O. Fischer sind zu Letzterem geneigt; sie fassen die Methylviolettbase als pentamethylirtes Pararosanilin, aus welchem sie in der That durch Methylirung erhalten werden kann, auf und drücken deren Bildung folgendermaßen aus:



$$3[C_6H_5N(CH_3)_2] + 3\,O = C\begin{cases}C_6H_4N(CH_3)_2\\C_6H_4N(CH_3)_2\\C_6H_4NCH_3\end{cases} . H_2O + 2H_2O,$$

d. h. bei Uebergang von Dimethylanilin in Violett unterliegt eine der Methylgruppen der Oxydation; sie verliert alle drei Wasserstoffatome und der Kohlenstoff verbindet sich mit allen drei Benzolkernen, die zusammen auch drei Wasserstoffatome abgeben. —

Fabrikation des Methylanilins.

Die Fabrikation des Methylanilins (im allgemeinen Sinne) wurde jüngst von C. E.[1]) in eingehendster Weise besprochen; hier sei nur Einiges daraus hervorgehoben. Die Aufgabe ist, ein Dimethylanilin zu erzeugen, welches möglichst wenig Monomethylanilin (nicht über 5 Proc.) enthält; nur für Rothviolett ist ein größerer Gehalt an letzterem nützlich. Für das Mengenverhältniß dieser beiden immer nebeneinander entstehenden Methylaniline ist die Zusammensetzung des Ingredienzengemisches und die Leitung des Processes bestimmend. C. E. erhielt z. B. aus einer Mischung von 40 Thl. trocknem Anilinchlorhydrat, 30 Thl. Anilin und 45 Thl. Methylalkohol (von 95 Proc. Gehalt und abgesehen vom Wasser möglichst rein) durch 10stündiges Erhitzen auf 185° (innere Temperatur) bei einem Druckmaximum von 20,5 Atm. ein Dimethylanilin mit nur 4 Proc. Monomethylanilin und nur Spuren von Anilin. In diesem Produkt, welches ganz einem käuflichen französischen Fabrikat entspricht, waren weder Diphenylamin noch auch, im Gegensatz zu der Methylanilinbereitung mittelst Jodmethyl, Ammoniumbasen zu bemerken. Bedeutsam für das „Druckverfahren" ist die von Hofmann entdeckte Umlagerung (Atomwanderung) der Methylgruppen, wodurch die Bildung von Toluidin, methylirtem Toluidin und selbst höheren Homologen veranlaßt wird. Der Umfang dieses secundären Processes ist von der Temperatur abhängig; bei anhaltend hoher Temperatur und bei Abwesenheit von freiem Anilin können die Toluolbasen überhand nehmen, was im Interesse der Violetterzeugung nicht günstig ist (s. o.). Nach Häussermann[2]) verwendet man für

1) Dingl. pol. Journ. 1878, Bd. 230, S. 245 u. 351.
2) Das. 231, S. 469.

Dimethylanilin in französischen Fabriken 100 Thl. Anilin, 100 Thl. Salzsäure (21°) und 85 Thl. Methylalkohol, welche Materialien einzeln durch eine kleine verschraubbare Oeffnung, also bequemer, als festes Anilinsalz, in den Autoclaven eingeführt werden können, und es soll diese Mischung, welche wie ersichtlich Wasser enthält, dieselbe Violettausbeute ergeben. Die theils im Dampfraum des Autoclaven sich abspielenden Processe bestehen hauptsächlich darin, daß aus dem Anilinsalz durch Dissociation Chlorwasserstoff frei wird, worauf dieser mit dem Methylalkohol Chlormethyl erzeugt ($CH_3 . OH + HCl = CH_3 . Cl + H_2O$), welches letztere unter Regeneration des Chlorwasserstoffs das Anilin methylirt ($C_6H_5 . H_2N + 2 CH_3 . Cl = C_6H_5(CH_3)_2N + 2 HCl$) u. s. f. Während des Processes, der einer sorgfältigen Ueberwachung bedarf, beobachtet man ein schnelles Anwachsen des Druckes (bis 20 Atm. und darüber) und später ein langsames Sinken desselben (bis 10 Atm.), wobei aber die Maxima von Druck und Temperatur nicht zusammenfallen. Nach beendeter Reaktion sinkt der Druck auch bei verstärktem Feuer. Das Methylanilin wird als Chlorhydrat dem Autoclaven entnommen und nach dem Freimachen mit Kalkhydrat durch Destillation in Wasserdämpfen gereinigt. Monomethylanilin ist übrigens ein wichtiger Ausgangspunkt für die Herstellung mancher gemischten tertiären Amine, welche neben Methyl noch Aethyl oder Benzyl enthalten und ihrerseits als Ausgangspunkte für die Bereitung gewisser Violettnüancen dienen. Was die Autoclaven anlangt, so sind dieselben entweder aus 2 Cm. dickem Kupfer (innen vergoldet oder mit emaillirtem Einsatz versehen), oder aus 5 Cm. dickem Gußeisen (innen emaillirt) hergestellt. Da das Email mit der Zeit zerstört wird, so giebt man neuerdings den nicht emaillirten Gußeisenkesseln ziemlich genau passende und durch eingegossenes Blei vollkommen anschließend gemachte emaillirte nur 1 Cm. starke Einsatzkessel, deren Ersatz billiger ist, als das Abdrehen der schweren Autoclaven behufs frischer Emaillirung. Die Druckkessel haben in der Regel die Form eines oben abgestutzten Ellipsoids; sie fassen z. B. 135 L. und sind in Oelbäder, oder einfacher, durch einen Luftmantel geschützt, in die Feuerung eingesetzt. —

Schließlich sei des neuen Verfahrens der Bereitung von Methylanilin mit flüssigem Chlormethyl

gedacht, welches die Firma Brigonnet Witwe und Sohn in St. Denis einzuführen sucht (zum Absatz des von derselben aus Rübenmelassenschlempe dargestellten Chlormethyls) und welches, falls das Chlormethyl billig genug geliefert wird, das ältere Verfahren verdrängen dürfte und namentlich für kleinere Violettfabriken sich empfiehlt. Der besonders construirte nicht emaillirte, in einem Wasserbad stehende und mit Rührwerk versehene Autoclav wird mit molecularen Mengen Anilin und Kalk- oder Natronhydrat beschickt und wenn die Temperatur auf 100° gestiegen ist, wird unter stetem Umrühren allmälig soviel Chlormethyl aus dem Behälter des letzteren zufließen lassen, als der Gleichung entspricht: $C_6H_5 . H_2N + Ca(OH)_2$ oder $2 NaOH + 2 CH_3Cl = C_6H_5 . (CH_3)_2N + CaCl_2$ oder $2 NaCl + H_2O$, wobei der Druck 6 Atm. nicht übersteigen soll.

Fabrikation des Methylviolettts.

Die Ueberführung des Dimethylanilins in Methylviolett geschieht nach verschiedenen Methoden; die Wahl derselben bezw. des Oxydationsmittels muß der Beschaffenheit des Methylanilins entsprechen, was durch praktische Versuche zu ermitteln ist. Man läßt auf das Dimethylanilin z. B. eine Mischung von chlorsaurem Kali oder saurem chromsauren Kali mit Kupfervitriol und Kochsalz, oder auf salzsaures Dimethylanilin Kupferoxydhydrat einwirken; stets wird der Mischung Quarzsand einverleibt, um die Reaction, die bald unter Wärmeentwickelung beginnt, zu mäßigen. (Das chlorwasserstoffsaure Dimethylanilin färbt sich in höherer Temperatur schon durch den Sauerstoff der Luft.) Nach Ch. Lauth [1]) werden 100 Thl. Sand mit 10 Thl. Dimethylanilin, 3 Thl. salpetersaurem Kupfer, 2 Thl. Kochsalz und 1 Thl. Salpetersäure auf Steinplatten gemischt; die sich bald färbende Masse wird in viereckige Ballen geformt und diese werden 24 Stunden lang in einer Heizkammer auf 40° erwärmt. Die trockne metallisch glänzende den Farbstoff als Chlorid enthaltende Masse wird nun auf einer Mühle mit Sieb pulverisirt, das Pulver wird in großen Rührbottigen mit kaltem Wasser und einer bestimmten Menge Schwefelleberlösung (aus Natronlauge und Schwefel bereitet) behan-

1) A. Wurtz: Progr. d. l'ind. d. mat. color.

delt und die Flüssigkeit dann filtrirt. Der Rückstand, welcher neben Sand und Schwefelkupfer die freie Violettbase enthält, wird nach dem Waschen zunächst durch directen Dampf mit Wasser ausgekocht, dann mit Wasser und soviel Salzsäure gekocht, daß sich die Base lösen kann; durch Filtration beseitigt man den Sand und das Schwefelkupfer, fällt dann aus dem Filtrat das Methylviolett ($C_{20}H_{16}(CH_3)_3N_3$, CH_3Cl) durch Kochsalz aus und trocknet es auf Pfannen, in deren Hohlboden Dampf circulirt. So erhält man den als Methylviolett B bezeichneten Farbstoff von rein violetter Nüance.

Durch Einführung von Benzyl in das Methylviolett gewinnt man nach dem Vorgang von Bardy neue an Pracht und Reinheit bis jetzt unübertroffene Violette von sehr blauer Nüance (Benzylmethylviolett). In einem geschlossenen, in 80° warmem Wasser stehenden Kessel mit Rückflußkühler wird 7—8 Stunden lang eine Mischung von 1 Thl. Chlorbenzyl ($C_6H_5 . CH_2Cl$, erhalten durch Einleiten von Chlor in siedendes Toluol), 2 Thl. Methylviolett, 2 Thl. Alkohol und Aetznatron (nach Bedarf) erhitzt, worauf der Alkohol abdestillirt, der Rückstand mit Salzsäure neutralisirt und mit Wasser gekocht, die entstandene Lösung filtrirt und aus dem Filtrat der Farbstoff gefällt wird. Man erhält so das blaue Violett B_5, welches durch Mischen mit dem rötheren Violett B die Zwischennüancen liefert. Ein noch blaueres Violett erhält man übrigens durch Ausführung der Benzylirung in einem Autoclaven bei 100°. Jedenfalls wird durch das Benzyl das Methyl aus dem Trimethylrosanilin in schwankendem Betrage, aber nicht vollständig, verdrängt, während das benzylirte Methylrosanilin noch in Verbindung mit Chlormethyl bleibt. Wichtig ist namentlich, daß hierbei wasserlösliche Verbindungen erhalten werden, während, wie Hofmann fand, aus dem Rosanilin durch gleichzeitige Einwirkung von Methyljodid und Benzylchlorid ein in Wasser nicht lösliches Violett, das Tribenzylrosanilin-methylchlorid, $C_{20}H_{16}(C_6H_5 . CH_2)_3N_3$, CH_3Cl, entsteht. — Die Einführung des benzylirten Methylviolettes ist durch den billigen Preis des Chlorbenzyls (1 Kilogr. circa 3 M.) erleichtert worden und zudem hat dieser Farbstoff die Eigenschaft, sich ohne Beeinträchtigung seines Glanzes auch bei Gegenwart einer gewissen Säuremenge auf der animalischen

Faser zu befestigen, was in der Wollfärberei sehr erwünscht ist, da der Säuregehalt des Färbebades der Wolle Weichheit verleiht und eine gleichmäßigere Fixation des Farbstoffes erlaubt.

Methylanilingrün (Methylgrün).

Derselbe Farbstoff, welcher aus dem Rosanilin durch Einwirkung von Jodmethyl längere Zeit hindurch fabrikmäßig hergestellt wurde (Jodgrün), wird seit Beginn dieses Jahrzehends aus dem Methylviolett bereitet und es kommen der Fabrikation des „Methylgrüns“ nicht nur die Vortheile der Umgehung der Arsensäure und des Jods, sondern auch die Füglichkeit, ein sehr reines Produkt billiger herstellen zu können, zu Statten. Dieser Industriezweig entwickelte sich in Poirrier's Werkstätten. Wenn anfänglich ein gewisser Vorsprung vor der alten Methode schon dadurch erreicht wurde, daß man anstatt des Rosanilins das Methylviolett durch Erhitzen mit Methyljodid in Grün überführte, also eine bedeutende Menge von Jod ersparte, so konnte doch die Umgestaltung in der Erzeugung des Grüns erst dann den vollen Nutzen gewähren, als es möglich wurde, das Jod ganz zu unterdrücken und dem Methylviolett die zum Uebergang in Grün noch fehlende Methylgruppe in Form gewisser anderer Methylester zuzufügen. Baubigny (im Hause Poirrier) gelang dies durch Anwendung des salpetersauren Methyläthers, welcher aus einer Mischung von Methylalkohol, Schwefelsäure und Salpeter dargestellt und dann in bestimmtem Mengenverhältniß mit Methylviolett, Holzgeist und Aetznatron 12 Stunden lang unter Umrühren auf 70—80° in geschlossenem Kessel erhitzt wurde. Dem so erhaltenen Produkt wurde Salzsäure zugefügt, um Trimethylrosanilin-dimethylchlorid (Methylgrün) zu bilden und dann handelte es sich noch um die gänzliche Abscheidung der violetten Nebenprodukte und Ueberführung des Grüns in die Chlorzinkdoppelverbindung. Jahre lang erzeugte Poirrier täglich über 80 Kilogr. Methylnitrat (1 Kilogr. zu 4 frc.) für diesen Zweck. Indessen ist man jetzt fast überall von der Verwendung des Methylnitrats abgekommen, namentlich seit der furchtbaren Explosion, welche sich vor einigen Jahren in Poirrier's Fabrik ereignete. Bekanntlich explodirt der Dampf des salpetersauren

Methyläthers beim Erhitzen auf 150°; durch die Unvorsichtigkeit eines Arbeiters explodirte nun damals eine größere Partie des Aethers, als derselbe behufs der Reinigung namentlich von Methylnitrat und Methylchlorid, wie gewöhnlich, in einem im Wasserbad stehenden Kessel mit Destillirschlange erwärmt wurde.

Nach dem Vorgang von Monnet in la Plaine bei Genf (1874) wird jetzt fast allgemein Methylchlorid zur Ueberführung des Violetts in Grün verwendet. Abgesehen von der Gewinnung des Chlormethyls aus Rübenschlempe kann dasselbe erhalten werden [1]) durch mehrstündiges Erhitzen einer Mischung von 1 Mol. Methylalkohol und 1 Mol. Salzsäure von 23° B. in einem Autoclaven auf 100° ($CH_3.OH + HCl = CH_3.Cl + H_2O$), wobei der Druck auf 30—35 Atm. steigt und 75 Proc. Chlormethyl von der theoretisch zu erwartenden Ausbeute gewonnen werden. Es ist nicht nöthig, das Chlormethyl erst zu condensiren und im flüssigen Zustand aufzuspeichern, sondern es kann direct als Gas, wie es dem Erzeugungsapparat entströmt, in die Lösung des Violetts hineindestillirt werden, was nach Rich. Meyer [2]) von der Bad. Anilin- und Sodafabrik in Stuttgart zuerst ausgeführt wurde. Man läßt das Chlormethyl in einen abgekühlten Autoclaven einströmen, welcher mit einer Mischung von Methylviolett, Methylalkohol und Aetznatron beschickt ist und vollendet den Vorgang (wohl unter stetem Umrühren) durch Erwärmen auf 80°: $C_{20}H_{16}(CH_3)_3N_3, CH_3.Cl + CH_3.Cl + 2NaOH = C_{20}H_{16}(CH_3)_3N_3, (CH_3.OH)_2 + 2NaCl$. Das so erhaltene Produkt wird mit Salzsäure versetzt und mit Wasser ausgekocht, hierauf schlägt man den größten Theil des beigemischten Violetts durch Kochsalz nieder und entfernt den Rest desselben durch vorsichtigen Zusatz von Chlorzink, wodurch zuerst das Violett als unlösliche Doppelverbindung ausfällt. Die filtrirte Lösung wird nun mit einem Ueberschuß von Chlorzink und Kochsalz vermischt, um das Zinkdoppelsalz des Grüns, $C_{20}H_{16}(CH_3)_3N_3, (CH_3.Cl)_2 + ZcCl_2 + H_2O$, auszuscheiden und zuletzt wird das Methylgrün durch Umkrystallisiren gereinigt. —

Die Verwendung des Methylgrüns sowie Jod=

1) Monnet und Reverdin: Comptes rendus 85 p. 781.
2) Post, Grundr. d. chem. Technol. 1879 Bd. II S. 548.

grüns in der Seiden- und Baumwollenfärberei bürgerte sich rasch ein, dagegen fehlte es lange an einer guten Vorschrift zum Färben der Wolle mit diesem Grün. Ch. Lauth fand das beste Mittel für diesen Zweck in der Imprägnation der Wolle mit fein zertheiltem Schwefel, wie er sich aus nascirender unterschwefliger Säure (Thioschwefelsäure) abscheidet, wodurch die Wolle sehr aufnahmefähig für diesen Farbstoff wird. Diese Eigenschaft geht aber dem in Schwefelkohlenstoff gelösten, sowie dem aus Polysulfureten durch Säuren sich ausscheidenden Schwefel völlig ab. Die Wolle wird, kurz angedeutet, in einer mit Schwefelsäure oder Salzsäure versetzten Lösung von unterschwefligsaurem Natron bei 60—75° längere Zeit gebeizt, gespült und dann in einem ebenso warmen Färbebad, worin Methylgrün nach Erfordern neben Pikrinsäure und einer kleinen Menge von essigsaurem Zink bezw. essigsaurem Natron gelöst ist, gefärbt.

Leuchtgas.

Im Gebiete der Leuchtgasfabrikation sind im Laufe der letzten Jahre einige nicht unerhebliche Fortschritte gemacht worden. Wir schließen daher die folgenden, diesen Gegenstand betreffenden Notizen hier an, welche Herr Gustav Merz zusammenzustellen die Güte hatte.[1])

Retortenöfen mit Generatorgasfeuerung. — Ueber diesen Gegenstand sprach sich Ingenieur W. Oechelhäuser gelegentlich einer flüchtigen Schilderung des Standes der heutigen Leuchtgasfabrikation[2]) ungefähr folgendermaßen aus.

„Der Schwerpunkt der Fabrikation liegt in der Construction der Retortenöfen und gerade hier sind in neuerer Zeit sehr wichtige Fortschritte gemacht, und wenn man nach dem Eifer schließen soll, mit dem jetzt in Deutschland aller Orten das neue Princip der Kohlenoxydfeuerung versucht und ausgebildet wird, so dürften wir den Vorsprung, den wir bisher vor englischen wie französischen Anlagen in der Brennmaterialersparniß hatten, in Zukunft behalten. Auch im Gasfach verdanken wir diese Neuerung den Gebrüdern Siemens; 1861 bauten sie zuerst in

1) Eine Uebersicht über die Fortschritte in der Reinigung des Leuchtgases kann wegen Raummangels erst im nächsten Jahrgang zum Abdruck gelangen.

2) Sitzungsber. d. Ver. z. Beförderg. des Gewerbfl. 1878 S. 121.

London und 1864 in Paris Gas=Regenerationsöfen zur Destillation der Steinkohle und zwar mit derselben vollständigen Ausnutzung der Wärme, wie wir sie z. B. aus der Eisen= und Glas=Industrie kennen. Die Pariser Oefen sind noch heute im Betrieb, werden in theilweise veränderter Gestalt noch jetzt nach jenem Principe gebaut, allein sie fanden ihrer theuren und complicirten Anlage wegen keine Nachahmung, bis sie allmälig sowohl in Frankreich als in Deutschland vereinfacht und in solchen einfacheren Formen seit etwa 3 Jahren allgemein eingeführt wurden."

„In Frankreich ist dies hauptsächlich das Verdienst von Müller und Eichelbrenner in Paris, während es gleichzeitig bei uns den rastlosen Bemühungen des Directors der Stralsunder Gasanstalt Liegel gelang, eine gute jetzt vielfach verbreitete Construction herauszubilden."

„Das Princip der Gasfeuerung besteht bekanntlich darin, daß die Entwickelung der brennbaren Gase von dem eigentlichen Verbrennungsheerd getrennt wird, daß also an einem Orte aus Brennstoffen Gase erzeugt werden, welche an einem anderen unter Zuführung von Luft verbrennen. Die gefundene Vereinfachung ist nun die, daß man von der Siemens'schen Vorwärmung der Luft und Gase mit Reversion Abstand genommen und sich auf geringere Vorwärmung continuirlich zugeführter Luft beschränkt hat und von dieser principiellen Beschränkung her datirt erst der praktische Fortschritt. Der chemische Vorgang ist bei unserem Brennmaterial, dem Kok, der fast nur aus Kohlenstoff besteht, ein sehr einfacher. Der Kok wird (innerhalb des in der Regel vor dem Retortenofen und entweder oberhalb, oder ganz oder theilweise unterhalb des Fußbodens stehenden Generatorschachtes) in Schichten von etwa 1 Meter Höhe mit von unten und in beschränktem Maße zutretender Luft zu Kohlenoxyd verbrannt, das Gemisch von diesem mit Stickstoff (Heizgas) wird in den Retortenofen geleitet, strömt in der Sohle offen oder aus Schlitzen aus, mischt sich im Austreten mit vorgewärmter Luft und heizt beim Verbrennen die darüber liegenden Retorten."

Dem Vorstehenden fügt der Referent das Folgende bei. Wäre die brennbare Substanz des Koks reiner Kohlenstoff und gelänge es, diesen ganz in Kohlenoxyd zu verwandeln, so würde

das Generatorgas aus 34,71 Proc. Kohlenoxyd und 65,29 Proc. Stickstoff bestehen. In der Praxis tritt aber neben Kohlenoxyd noch Kohlensäure auf und man darf nach Schilling mit 25 bis 30 Proc. von ersterem zufrieden sein; Grahn fand in dem Heizgas des Essener Gaswerkes 2,2 bis 4,6 Procent Kohlensäure, Leblanc in den Gasen der mit Kok beschickten Siemens'schen Generatoren auf den Pariser Gasanstalten 4,5 Proc. Kohlensäure neben 26 Proc. Kohlenoxyd. Da der Gaskok noch Wasserstoff und die atmosphärische Luft Wasserdampf enthält, so wird in den Heizgasen auch immer ein gewisser Betrag an freiem Wasserstoff vorhanden sein, welcher durch absichtliche Zufuhr von Wasserdampf in den Generator noch gesteigert werden kann. So fand Grahn (Journ. f. Gasbel. 1877 S. 586) die Zusammensetzung der Gase aus Generatoren, unter deren Rost sich ein Kasten mit Wasser befand, folgendermaßen: 25,04—29,51 Proc. Kohlenoxyd, 4,62—6,34 Proc. Kohlensäure, 8,39—13,05 Proc. Wasserstoff und 54,10 bis 60,28 Proc. Stickstoff.

Einen Hauptanstoß zu der gegenwärtigen Entwickelung der Retorten-Gasheizung, welche namentlich auch in den in Deutschland die Mehrzahl bildenden mittleren und kleineren Gasanstalten die alte Rostfeuerung immer mehr verdrängt, gab die 1875 beginnende und in nächster Zeit vollständig werdende Einführung der Generatoren auf den Gaswerken der Deutschen Cont.-Gasgesellschaft durch Oechelhäuser. Bezüglich des Näheren über die genannten, sowie die anderen vielen schon jetzt existirenden Systeme der Retortenheizung mit Kohlenoxyd muß auf die bezüglichen Abhandlungen im „Journal für Gasbeleuchtung ꝛc.", sowie in dem soeben in dritter umgearbeiteter und vermehrter Auflage wiedererschienenen vortrefflichen „Handbuch für Steinkohlengasbeleuchtung" von Schilling (München 1878) verwiesen werden. Das allgemeine Interesse, welches dieser Gegenstand in Anspruch nehmen darf, wird es indessen rechtfertigen, wenn als Beispiel hier eine kurze Beschreibung der Generatoranlage nach der Construction des Directors der Dresdener Gasanstalten Hasse folgt, zumal da der Genannte in Deutschland als einer der Ersten sich eingehend und erfolgreich mit der Einführung der Gasfeuerung beschäftigt hat und da dieses System nicht nur auf den Dresdener, sondern auch schon in mehreren

kleineren sächsischen Gaswerken im Gebrauche ist. Die Construction auf dem Neustädter Gaswerke ist folgende.

Die Oefen haben je acht ovale Retorten. Die Verbrennungsgase ziehen in der Mitte des Ofens zwischen den mittleren und den seitlichen Retorten aufwärts und zwischen den beiden oberen Retorten hindurch unter das Gewölbe. Hier theilen sie sich, werden aber alsbald nach vorn gezogen, um dann, nachdem sie das vordere Ende des Abschlußmauerwerks passirt haben, wieder nach hinten zurückzukehren und in die unter den untersten Flügelretorten liegenden Abzugscanäle einzutreten. Nachdem sie in diesen Abzugscanälen bis nach vorn gelangt sind, gehen sie hier durch zwei verticale Füchse abwärts in einen tiefer liegenden Canal, der sie dann wieder nach rückwärts und in den dort liegenden Rauchcanal führt. Auf den verticalen Füchsen liegen die horizontalen Regulirungsschieber für die Verbrennungsgase. Zwischen den vertical über einander liegenden Abzugscanälen für die Verbrennungsgase liegen die Canäle für die Vorwärmung der Luft. Ihren Eintritt und ihre Regulirung hat die Luft an der Vorderwand des Ofens, sie geht dann im Zickzack nach hinten, von dort in je einem nebenanliegenden Canal wieder nach vorn und von letzterem durch je fünf seitliche Oeffnungen in den Mischraum. Dieser Mischraum ist ein breiter und ziemlich flacher Canal, der unter dem eigentlichen Verbrennungsheerd liegt und in den die Generatorgase von unten, die Luft von den beiden Seiten einströmen, und zwar durch je fünf Oeffnungen, welche auf die ganze Länge des Ofens vertheilt sind. In der oberen Deckplatte des Mischraums befinden sich zwei durchgehende Schlitze, durch welche das Gasgemisch in den eigentlichen Verbrennungsraum gelangt.

Die Generatoren zur Erzeugung des Heizgases, schachtförmige Füllöfen mit quadratischem Querschnitt und circa 1,5 Meter Höhe, sind bei den von Grund aus umgebauten Oefen direct vor diesen und gänzlich unterhalb des Ofenhausfußbodens, so daß nur die Füllöffnung hervorragt. Bei den nicht umgebauten Oefen und wo die zur ersteren Einrichtung nöthige Untertunnelung von 3 Meter wegen des Grundwassers nicht möglich ist, sind die Generatoren 7 Meter entfernt von den

Oefen an der gegenüberliegenden Umfassungsmauer des Ofenhauses angelegt und zwar 1 Meter versenkt unter der Sohle und 0,8 Meter über derselben sich erhebend, so daß die Bedienung noch leicht ist. Der Generatorschacht ist unten nach einer Richtung zusammengezogen. Die Wangensteine sind starke Chamotteklötze [1]), welche auf einer gußeisernen Unterlage ruhen; sie bilden zwei einander gegenüber liegende Schlitzöffnungen für den Eintritt der Luft und den Abzug der Schlacken und zwar in der Linie der Ofenreihe. Rechtwinklig zu dieser Linie auf der Seite der Oefen, etwa in halber Höhe des Generators, geht der Canal, der das Heizgas für zwei Oefen abführt und sich alsbald in zwei Arme theilt. Vor dem Eintritt in den Ofen ist jeder Canal mit einem Regulirungsschieber versehen. Die Schüttöffnung des Generators ist mit einem genau passenden eisernen Deckel geschlossen, der mittelst einer über Rollen laufenden Kette gehoben und gehalten wird. Die Beschickung geschieht mittelst eines eigens dafür construirten Kippkarrens, der aus den obersten Retorten gefüllt wird und seine ganze glühende Ladung auf einmal in den Generator entleert.

Die Vortheile der Gasfeuerung gegenüber der Rostfeuerung sind mehrfache. Zunächst wird, wie bei jeder Gasheizung, eine beträchtliche Brennmaterialersparniß erreicht, da das Heizgas continuirlich und gleichmäßig zuströmt, die zur völligen Verbrennung gerade nöthige Luftzufuhr ein für allemal genau regulirt und dadurch die für die Heizung so nachtheiligen Wechselfälle von Ueberschuß und Mangel an Luft, wie sie sich bei der directen Rostfeuerung durch den Wechsel in der Höhe der Beschickung und andere Ursachen ergeben, vermieden werden können. Der Unterschied im Verlauf der Verbrennung, jenachdem Rostfeuerung oder Generatorfeuerung in Anwendung ist, erhellt sehr deutlich aus Bunte's Untersuchungen der Verbrennungsgase aus den Retortenöfen des Münchener Gaswerkes [2]). Es ergab die Analyse der Verbrennungs-

1) Eine hierzu sehr geeignete Art von Chamottesteinen liefert die Fabrik von H. Schomburg, Berlin, Moabit 20; Zweiggeschäft Margarethenhütte b. Bautzen. — Statt der Schlitze zum Eintritt der Luft hatten die Generatoren anfänglich Treppenroste, diese verbrannten aber sehr schnell, es ging mit der Schlacke viel Kok verloren und die Arbeiter hatten durch die Hitze stark zu leiden.

2) Bei dieser Gelegenheit sei auf Dr. Bunte's Abhandlung: „Ein-

gase von Rostfeuerungen nach frischer Beschickung des Rostes und solange die Schichthöhe normal war, 12,6—16,0 Proc. Kohlensäure, 4,0—7,6 Proc. Sauerstoff und 79,8—80,5 Proc. Stickstoff, nach fast gänzlichem Abbrennen unmittelbar vor dem Schlacken 8 Proc. Kohlensäure neben 12,0 Proc. Sauerstoff; dagegen bei Generatorfeuerung 18,0 bis 19,6 Proc. Kohlensäure und 0,4—2,0 Proc. Sauerstoff. — Nach Schilling darf man im Allgemeinen annehmen, daß der Kokverbrauch, der früher bei Oefen mit 6 oder 7 Retorten in günstigen Fällen 20—22 Kilogr. pro 100 Kilogr. vergaste Kohlen betrug, jetzt durch die Gasfeuerung auf 16—17 Kilogr. heruntergebracht worden ist. Hasse konnte innerhalb einer einjährigen Vergleichsperiode eine Ersparniß an Kok von 37,8 Proc. bei Kohlenoxydheizung gegenüber der gewöhnlichen Rostfeuerung constatiren [1]). Außerdem ergeben sich für den gastechnischen Betrieb noch einige Sondervortheile. Die Temperatur im Ofen wird örtlich und zeitlich eine gleichmäßigere, da sie nicht mehr von einem kleinen Raum ausgeht und nicht mehr von der Gewissenhaftigkeit der Heizer abhängt; auf den Retorten lagert sich keine Flugasche mehr ab, welche die Wärmeleitungsfähigkeit der Chamotteretorten noch weiter vermindert, oder eine theilweise Schmelzung derselben verursacht und alles dieses trägt zur besseren Conservirung der Oefen und Retorten bei. Die Retorten halten nahezu doppelt solange aus, als bei Rostfeuerung; Hasse berichtet, daß seine Oefen mit Gasfeuerung nach 300 tägigem Betriebe noch ganz tauglich seien, während bei den Oefen mit directer Feuerung aller 3—4 Monate ein neuer Ausbau nöthig war. Ferner kommt in Betracht, daß der Betrieb eines Generators im Allgemeinen weniger Arbeit verursacht, als die Rostfeuerung. Jenachdem die Schlackenbildung mehr oder weniger stark und unbequem ist, reducirt sich die Arbeit in vielen Fällen auf ein Minimum, wodurch an Arbeitslöhnen gespart und die Abhängigkeit von der Geschicklichkeit und Aufmerksamkeit der Arbeiter verringert wird, welcher Umstand manchmal von großem Werthe sein kann. Ferner legt man jetzt in

---

fache Methode zur Berechnung des Nutzeffectes der Feuerungsanlagen aus dem Volumen der Verbrennungsproducte", Journal für Gasbeleuchtung 1878 S. 62, aufmerksam gemacht.

1) Journ. f. Gasbel. 1877 S. 98.

ein Ofengewölbe infolge des Wegfalles des besonderen Feuerraumes mindestens eine Retorte mehr ein, wodurch sich außer der Ersparniß an Grundfläche des Retortenhauses auch eine directe Ersparniß an Löhnen ergiebt, da eine größere Gasproduction mit derselben Zahl von Arbeitern möglich ist. Kurz, es läßt sich schon jetzt mit Bestimmtheit sagen, daß die Gasindustrie mit Einführung der Generatoröfen einen großen Schritt vorwärts gethan hat.

Eine erhebliche Förderung der Fortschritte in der Retorten-Gasheizung ist übrigens von den jetzt noch in Gang befindlichen Arbeiten zu erwarten, welche zu München von Seiten einer auf der 17. Jahresversammlung (1877 zu Leipzig) des Vereins von Gas- und Wasserfachmännern Deutschlands hierzu eingesetzten Commission (Bunte, Schilling, Grahn, Schiele) ausgeführt werden, entsprechend der Aufgabe, „systematische Versuche darüber anzustellen, welchen Einfluß die Zugverhältnisse auf die Leistungsfähigkeit der Generatoren bei Anwendung der verschiedenen auf den deutschen Gasanstalten gebräuchlichen Koksorten ausüben, und die Versuche nicht nur auf den natürlichen Schornsteinzug, sondern auch auf den gepreßten Unterwind auszudehnen.“ —

Als eine Detailverbesserung, welche für den Betrieb große Vortheile bietet, ist der Morton'sche Retortendeckel-Verschluß zu erwähnen, bei welchem statt der bisherigen Dichtung mit Lehm abgedrehte und durch Hebel mit Excenter gegen einander gepreßte schmale Metallflächen angewendet sind.

Die Beschickung und Entleerung der Retorten auf mechanischem Wege ist namentlich in England vielfach versucht worden [1]). Ein Versuch, Dampfkraft anzuwenden, ist vollständig gescheitert; dagegen machten die hydraulischen Lade- und Ziehvorrichtungen von Foulis in Glasgow einiges Aufsehen; sie sind jedoch trotz sinnreichster Construction noch sehr verbesserungsbedürftig, namentlich können bei dem hohen Wasserdruck von circa 8 Atm. die zum Theil flexibelen Röhren und Hähne kaum dicht gehalten werden. (In Dresden konnte die schon aufgestellte Maschine nicht zur Anwendung kommen, da der Druck in der städtischen Wasserleitung nicht genügte). End-

---

1) Näheres hierüber in den letzten Jahrgängen des Journ. für Gasbeleuchtung.

lich verdient der West'sche Apparat Erwähnung, welcher nur Menschenkraft anwendet und mit seinem verschiebbaren Lade= und Ziehgestell bei ◠ förmigen Retorten in England sehr gute Resultate ergeben hat. Immerhin werden nach dieser Richtung hin für den großen Betrieb noch bessere Constructionen gesucht werden müssen.

Statistisches über die Leuchtgasfabrikation in Deutschland. — Ein Bild von der Bedeutung, welche die Gasindustrie allmälig in unserem wirthschaftlichen Leben errungen hat, entwirft Oechelhäuser a. a. O. um zu zeigen, daß mit der inneren Entwickelung des Faches die äußere Schritt gehalten hat und daß die Gasindustrie Deutschlands gerade jetzt in einem erfreulichen Fortschreiten begriffen ist. Von seinen Angaben, bei denen er sich zum Theil auf eine Gesammtstatistik des um das Gasfach hochverdienten Dr. Schilling in München stützt, seien folgende wiedergegeben. In Deutschland existirt das Gasfach erst seit dem Jahre 1825, wo die Anstalt in Hannover von einer englischen Gesellschaft erbaut wurde (Berlin folgte 1826). Während in den ersten 25 Jahren nur etwa 50 Gasanstalten erbaut wurden, zählt Schilling 1877 schon 1037 städtische und Privat=Gasanstalten auf, es wurden also in den letzten Decennien durchschnittlich etwa 36 neue Werke in einem Jahre erbaut. Da die Statistik der Gasproduction leider noch vielfach lückenhaft ist, so muß eine annähernde Schätzung anstatt ganz zuverlässiger Angaben genügen. Die gesammte jährliche Gasproduction Deutschlands (1877) kann auf mindestens circa 396 Million Kubikm. und, da aus 1 Zentner Steinkohlen im Mittel etwa 13 Kubikm. Gas destillirt wird, der Verbrauch an Gaskohlen auf 30,5 Millionen Zentner geschätzt werden. Das Anlagecapital für je 10000 Kubikm. jährliche Production an Gas berechnet sich bei größeren Städten auf circa 6000 Mark, bei kleineren auf 8—9000 Mark und bei ganz kleinen Anstalten bis auf 15000 Mark. Bei der wohl nicht zu hoch gegriffenen Annahme eines Durchschnittes von 8000 Mark pro 10000 Kubikm. Jahresproduction wäre demnach das in den deutschen Gasanstalten und ihren Röhrensystemen angelegte Capital (außer Betriebscapital) im Jahre 1877 auf etwa 317 Millionen Mark zu veranschlagen gewesen.

Nekrolog

für das Jahr 1878.

Friedrich Ark, Stadtbaumeister von Aachen, starb daselbst 23. Februar im Alter von 71 Jahren. Seine Hauptarbeiten sind das große Mariahilf-Spital, das Kaiserbad und die umfangreiche Restauration des mächtigen alten Rathhauses.

Emil von Asten, verdienter rechnender Astronom, Schüler Argelanders, später der Sternwarte in Pulkowa angehörend, starb 15. August in Kiel, erst 36 Jahre alt. Seine Hauptarbeiten beziehen sich auf den Donati'schen Kometen, die Bahn des Uranus und den Encke'schen Kometen, über welchen letzteren er auf Grund zehnjähriger Studien eine Reihe von Memoiren veröffentlicht hat.

B. Herschel Babbage, seit 1857 als Ingenieur in Australien lebend und durch verschiedene Entdeckungsreisen bekannt, 1870 und 71 an der Herstellung des Ueberlandtelegraphen thätig, starb im 64. Lebensjahre in St. Mary's bei Adelaide 22. October.

Sir George Back, englischer Seemann, namentlich um Erforschung der nordwestlichen Durchfahrt verdient, geb. 6. November 1796 zu Stockport, 1818 und 1825 Begleiter Franklin's auf dessen arktischen Expeditionen, 1833 Führer der Expedition zur Aufsuchung des Cap. Roß, 1836 abermals auf einer Forschungsexpedition im arktischen Amerika, 1867 zum Admiral ernannt, starb den 23. Juni in London. Seine Reisen hat er in den Werken „Narrative of the Arctic Land Expedition to the Mouth of the Great Fish River and along the Shores of the Arctic Ocean. 1833—35“ (Deutsch von Andree) und „Narrative of the Expedition in Her Majestys Ship Terror, untertaken with a view to Geographical Discovery, in 1836—37“ geschildert.

Antoine Cesar Becquerel, verdienstvoller Physiker, geb. 8. März 1788 zu Châtillon sur Loing (Dep. Loiret), starb in Paris 19. Januar. Nachdem er die Pariser Polytechnische Schule besucht, trat er 1808 in das Ingenieurcorps, machte 1810—12 unter Suchet den spanischen Feldzug mit, wurde 1813 als Hauptmann Unterstudieninspector an der Polytechnischen Schule, ging aber 1814 abermals ins Feld und nahm nach der Rückkehr der Bourbonen seinen Abschied als Bataillonschef, um sich fortan chemischen und physikalischen Studien

zu widmen. Im Jahre 1829 ward er Mitglied der Akademie und nachher Professor der Physik am Museum der Naturgeschichte in Paris. Seine Hauptleistungen liegen auf dem Gebiete der Elektricität und des Magnetismus; außerdem sind aber auch seine Forschungen über Wärmeerzeugung durch Reibung, über das Nachleuchten mancher Körper (Phosphore), über die physikalischen Gesetze im Leben der animalischen Wesen u. a. bemerkenswerth. Unter seinen selbstständigen Werken sind zu nennen: Traité expérimental de l'électricité et du magnétisme" (7 Bde., Paris 1834 – 40), Eléments d'électrochimie appliquée aux sciences naturelles et aux arts" (1843, deutsch, Erfurt 1845, 3. Aufl. 1857); Eléments de physique terrestre et de météorologie" (1847); „Traité de l'électricité et du magnétisme; leurs applications aux sciences physiques, aux arts et à l'industrie" (3 Bde. 1855—56); „Résumé de l'histoire de l'électricité et du magnétisme" (1858).

Wilhelm Friedrich Georg Behn, Präsident der kaiserl. Leopoldin.-Carolinischen deutschen Akademie der Naturforscher, starb 14. Mai in Dresden. Geb. 25 December 1808 in Kiel, 1837 Professor der Anatomie in Kiel, 1845—48 Theilnehmer an der auf seine Anregung von König Christian VIII. von Dänemark veranstalteten Erdumseglung der „Galathea", 1848—67 wieder in seiner akademischen Stellung thätig, aus welcher er 1867 nach Einverleibung von Schleswig-Holstein in Preußen schied, um in Hamburg seinen Aufenthalt zu nehmen, bis 1870, wo er, zum Präsidenten der Leopoldin.-Carolinischen Akademie erwählt — der vierzehnte seit ihrer Gründung 1. Januar 1652—nach deren Sitz Dresden ging. Mit fester Hand und bewundernswürdiger Beharrlichkeit wußte er die gänzliche Neugestaltung der ehrwürdigen Akademie durchzuführen und wohlgeordnete Verhältnisse in derselben herzustellen.

Thomas Belt, englischer Geolog, der sich 1851 nach den ersten Goldentdeckungen in Neu-Süd-Wales dorthin wandte und nachher als Minen-Ingenieur in Australien, Asien und Amerika aufhielt, starb 22. September in Denver, Colorado. Man verdankt ihm die Eintheilung der Lingula Flags in Maentwrog, Ffestiniog und Dolgelly Flags (1867). In seinem populären Werke „A Naturalist in Nicaragua" (1874) befinden sich u. a. auch die ersten Grundzüge der Gletschergeologie, deren Erforschung den Hauptgegenstand seiner letzten Lebensjahre bildete und welche ausführlicher im Geological Magazine, April 1874, dargestellt ist.

C. H. Berendt, geb. 12. November 1817 in Danzig, nach vollendetem Studium der Medicin in Breslau und dann in Graudenz und seit 1851 in Centralamerika lebend, wo er neben seinem ärztlichen Berufe sich naturwissenschaftlichen und ethnologischen Forschungen widmete und verschiedene Reisen unternahm, starb 12 April in Guatemala.

Claude Bernard, berühmter Physiolog, geb. 12. Juli 1813 zu St. Julien bei Villefranche im Rhône-Departement, starb 10. Februar in Paris. Nachdem er Apothekerlehrling gewesen, kam er 1832 mit einem Trauerspiel in der Tasche nach Paris, um die literarische Laufbahn zu ergreifen. Doch gab er auf St. Marc Girardin's Rath diesen Plan auf und widmete sich mit Eifer dem Studium der Medicin und Natur-

wissenschaft, vorzüglich angezogen von den physiologischen Arbeiten Magendie's. Von 1840 an sich ausschließlich der Physiologie widmend, wurde er 1841 Präparator bei Magendie und nachher supplirender Professor am Collége de France, 1854 Professor auf dem neuerrichteten Lehrstuhle der allgemeinen Physiologie an der Sorbonne, den er 1868 an Paul Bert abtrat; dann 1855 Magendies Nachfolger am Collége de France und später Professor der allgemeinen Physiologie am Muséum du Jardin des Plantes. Schon 1854 war er Mitglied der Pariser Akademie der Wissenschaften geworden, 1868 wurde er wegen seines glänzenden Stiles auch in die Akademie de France gewählt, und Napoleon III. ernannte ihn 1869 zum Senator. B. hat zuerst in Frankreich die von Johannes Müller begründete und in Deutschland von Helmholtz, Dubois-Reymond, Ludwig und Brücke weiter entwickelte physikalisch-chemische Behandlung in die Physiologie eingeführt. Seine wichtigsten Arbeiten betreffen die Feststellung der Abhängigkeit des Gefäßsystems vom sympathischen Nerven, die Magenverdauung, die Function der Bauchspeicheldrüse; er wies nach, daß die Leber den Zucker im Blut erzeugt, doch nicht beim Thier im Mutterleibe, wo dem Mutterkuchen diese Function zufällt; bekannt ist auch sein Versuch, durch einen an richtiger Stelle im Gehirn angebrachten Stich (in den Boden der vierten Hirnhöhle) Zuckerruhr zu erzeugen; ferner sind seine Studien über die thierische Wärme zu erwähnen. Außer seinen in den Schriften der Pariser Akademie veröffentlichten Arbeiten sind zu nennen die „Leçons de physique expérimentale appliquée à la médicine“ (Paris 1855, neue Aufl. 1865), „Introduction à l'étude de la médicine expérimentale“ (Paris 1865), Leçons de pathologie expérimentale“ (Paris 1871). Durch seine Aufsätze in der „Revue des deux Mondes“ hat B. wesentlich dazu beigetragen Interesse und Verständniß für die Fragen der Physiologie auch in weiteren Kreisen zu wecken.

Gustav Bernoulli, Botaniker, geb. 14 Januar 1834 in Basel, ging 1852 auf A. von Humboldt's Rath nach Guatemala, wo er sich als Arzt niederließ und eifrig botanischen Studien oblag; eben im Begriff in die Heimath zurückzukehren, starb er den 18. Mai in San Francisco.

Carlo Berti-Pichat, italienischer Senator, ein eifriger Pfleger der agrarischen Wissenschaften, der sich durch mehrere werthvolle landwirthschaftliche Schriften bekannt gemacht, starb 15. October in Bologna.

Ernst Freiherr von Bibra, geb. 9. Juni 1806 zu Schwabheim in Franken, als Naturforscher und Reisender bekannt, starb 5. Juni in Nürnberg. Anfangs dem Studium der Rechtswissenschaften obliegend, wandte er sich bald den Naturwissenschaften, insbesondere der Chemie zu und veröffentlichte in den Jahren 1842—49, auf dem väterlichen Gute Schwabheim lebend, eine Reihe chemischer Arbeiten, als „Chemische Untersuchungen über verschiedene Eiterarten“ (1842), „Chemische Untersuchungen über die Knochen nnd Zähne des Menschen und der Wirbelthiere“ (1844), „Untersuchungen über die Krankheiten der Arbeiter in den Phosphorzündholzfabriken, insbesondere das Leiden

der Kieferknochen durch Phosphordämpfe" (Erlangen 1847, in Verbindung mit L. Geist), „Ergebnisse der Versuche über die Wirkung des Schwefeläthers" (das. 1847, mit E. Harleß) und „Chemische Fragmente über die Leber und Galle" (1849). Hierauf unternahm er eine größere Reise nach Brasilien und um das Cap Horn nach Chile, die er in dem Werke „Reisen in Südamerika" (2 Bde., Mannheim 1854) beschrieben hat. Nach seiner Rückkehr meist in Nürnberg lebend, wo er seine naturhistorischen und ethnologischen Sammlungen aufstellte, veröffentlichte er außer zahlreichen Reiseskizzen und belletristischen Arbeiten noch eine Reihe naturhistorischer und archäologischer Studien, als „Die Getreidearten und das Brot" (1860), „Der Kaffee und seine Surrogate" (1858), „die Bronzen und Kupferlegierungen der alten und ältesten Völker" (1869), „Ueber alte Eisen- und Silberfunde" (1873).

Irénée Jules Bienaymé, Mathematiker und Statistiker, geb. 28. August 1796 in Paris, starb October daselbst. Seit 1815 Schüler der Pariser Polytechnischen Schule, wurde B. 1818 Repetitor der Mathematik in Saint-Cyr und trat 1820 in das Finanzministerium ein, wo er 1834 General-Inspector wurde. Aus dieser Zeit stammen zwei Arbeiten, „**Sur la probabilité des résultats moyens des observations**" (1834) und „**Sur la durée de la vie en France depuis le commencement du dix-neuvième siècle**" (1835), die er der Akademie überreichte. Nachdem er 1848 aus dieser Stellung geschieden, wurde er Professor der Wahrscheinlichkeitsrechnung an der Sorbonne und 1852 Mitglied der Akademie, wo er namentlich als Berichterstatter der Commission für den statistischen Preis thätig war; besonders verdient gemacht hat er sich auch durch Aufstellung eines musterhaften Tarifs für die französische Altersrentencasse.

J. von Blaramberg, russischer Generallieutenant, geb. in Frankfurt a. M., 1856—67 Director der militär-topographischen Abtheilung im Kriegsministerium, starb 78 Jahre alt am 22. December in Sympheropol.

P. Bleeker, Zoolog, geb. 1819 in Zaandam, starb 24. Januar in Haag. Nach vollendetem Studium der Medicin trat B. 1838 als Arzt in die holländische Armee und ging 1842 als Militärarzt nach Batavia, wo er, zuletzt mit dem Inspectorat des Medicinalwesens in den Colonien betraut, sich ichthyologischen Studien zuwandte und eine reichhaltige Fischsammlung anlegte. Nach seiner Rückkehr in die Heimath 1860 lebte er, 1862 zum Staatsrath ernannt, anfangs in Leiden, dann im Haag, mit Ordnung seiner wissenschaftlichen Schätze und Herausgabe seines „**Atlas Ichthyologique des Indes Orientales Néerlandaises**" beschäftigt, von dem 9 Bände mit mehreren hundert colorirten Tafeln erschienen; frühere Publikationen finden sich in den wissenschaftlichen Journalen von Batavia.

Rev. Andrew Bloxam, Rector von Harborough Magna, Rugby, englischer Botaniker, der besonders den Brombeeren und Rosen seine Aufmerksamkeit widmete, starb 76 Jahre alt am 2. Februar.

Rev. James Booth, Vicar von Stone bei Aylesbury, früher sehr thätiger mathematischer Schriftsteller, seit 1846 Fellow der Royal Society, starb 15. April im Alter von 71 Jahren.

Albert Borsig, einer der ersten Industriellen Deutschlands, geb. 7. März 1829, starb 10. April in Berlin. War er auch nicht der gedankenreiche Erfinder, der große Techniker und Constructeur, wie sein am 6. Juli 1854 verstorbener Vater Johann Carl Friedrich August B., so hat er doch die von demselben in Moabit und Berlin, sowie bei Biskupitz in Schlesien gegründeten Werke (Maschinen-, besonders Lokomotivenfabrik, Kohlenwerke und Hochöfen) nicht nur zu erhalten, sondern auch zu vergrößern und namentlich die Leistungsfähigkeit der Berliner Werke auf eine außerordentliche Höhe zu bringen gewußt.

Karl Anton Bretschneider, geb. 27. Mai 1806 in Schneeberg, 1830—32 Privatdocent in der juristischen Facultät in Leipzig, dann Auditor in Gotha, seit 1836 Professor der Mathematik am dortigen Realgymnasium, starb daselbst 6. November. Er schrieb u. a. „Lehrgebäude der niedern Geometrie" (Jena 1854), „System der Arithmetik und Analysis" (das. 1856).

Friedrich Brüggemann, Naturforscher, Schüler von Häckel, ein geborner Bremer, starb, noch nicht 30 Jahre alt, in London, wo er verweilte, um die Korallen des Britischen Museums zu ordnen und zu katalogisiren, 9. April.

Heinrich Buff, geb. 23. Mai 1805 zu Rödelheim bei Frankfurt a. M., ein Schüler von Liebig und Gay Lussac, anfangs technischer Chemiker in Thann, später Lehrer an der höheren Gewerbeschule in Kassel, seit 1838 Professor der Physik an der Universität Gießen, starb daselbst 24. December. Seine physikalischen Arbeiten liegen meist auf dem Gebiete der Elektricitätslehre und sind in Poggendorff's und Liebigs Annalen veröffentlicht; unter seinen selbstständigen Werken sind besonders das „Lehrbuch der physikalischen Mechanik" (2 Bde., Heidelberg 1871—74), sowie die „Physikalischen Lehren" in dem gemeinsam mit Kopp und Zamminer geschriebenen „Lehrbuch der physikalischen und theoretischen Chemie" (das. 1863) zu nennen.

Domenico Chelini, verdienter Mathematiker, starb in Rom 16. November. Geb. 18. October 1802 zu Gragnano im Lucca'schen, trat er 1818 in den geistlichen Stand und studirte dann 1819—26 am Collegio Nazzareno in Rom, wo er nachher als Lehrer der humanistischen Disciplinen thätig war. Nachdem er in gleicher Stellung auch in Narni, Pive und Alatri gewirkt, wurde ihm 1831 die Professur der Mathematik am Collegio Nazzareno in Rom übertragen. Von October 1851 bis December 1864 hatte er den Lehrstuhl der Mechanik und Hydraulik an der Universität Bologna inne. Wegen Nichtleistung des politischen Eides seines Amtes entsetzt, ging er nach Rom, wo er 1867 die Professur der rationalen Mechanik erhielt; vier Jahre darauf, als Rom die Hauptstadt Italiens geworden, mußte er indessen diese Stellung wieder aufgeben, worauf er noch eine Zeit lang an der Vaticanischen Universität lehrte. Die Zahl der von ihm im Laufe von 44 Jahren veröffentlichten Arbeiten beträgt 55; es sind Abhandlungen im Giornale Arcadico, der Raccolta scientifica di Palomba, den Annali von Tortolini, Boncompagni's Bullettino, den Schriften der Akademien zu Rom und Bologna und die Elementi di meccanica razionale (Bologna 1860).

Rev. William Brandwhite Clarke, der Begründer der Geologie Australiens, geb. 2. Juni 1798 zu East Bergholt in Suffolk, starb 16. Juni in Sydney. Nachdem er in Cambridge Theologie studirt, daneben aber unter der Leitung Sedgwick's und des Palästinareisenden Clarke sich mit Mineralogie und Geologie beschäftigt hatte, bekleidete er von 1821—39 verschiedene Pfarrstellen in England und unternahm während dieser Zeit fünfzehn Forschungsreisen theils in verschiedene Gegenden von Großbritannien theils auf dem Continent. Im Jahre 1839 wendete er sich nach Sydney in Australien, wo er fortan theils im geistlichen Amt, theils als Geolog thätig war. Sein bekanntestes Werk ist „The Southern Gold-Fields", eine Beschreibung der goldführenden Schichten Australiens, welches er im Auftrage der Colonialregierung verfaßte; andere geologische Arbeiten von ihm enthalten die Schriften der Royal Society von Neusüdwales.

Giulio Curioni, bedeutender Chemiker, Metallurg und Geolog, starb in Mailand Ende September im 82. Altersjahre.

R. Daintree, australischer Geolog, 1854—64 bei der geologischen Aufnahme von Victoria thätig, dann Squatter in Queensland, 1869 Regierungsgeolog für die nördliche Hälfte der Colonie, in welcher Stellung er mehrere wichtige Goldfelder entdeckte, 1872 Generalagent der Colonie in London. Starb daselbst im Juli im Alter von 47 Jahren.

William Monroe Davis, amerikanischer Astronom, eine Zeit lang Mitchell's Nachfolger als Director der Sternwarte in Cincinati, starb 21. Juli in Cleveland in Ohio.

Gabriel Delafosse, geb. 1796 zu Saint-Quentin. Schüler der Pariser Ecole Normale, 1822 Conservator der mineralogischen Sammlungen der Faculté des Sciences, später an der Ecole Normale thätig, 1841 an der Sorbonne, 1857 Professor der Mineralogie am Muséum d'Histoire naturelle und Mitglied der Akademie, seit 1875 im Ruhestand, starb 13. October in Paris. Frühzeitig schon war er Mitarbeiter Hauy's an der zweiten Auflage von dessen „Traité de Minéralogie"; 1858 öffentlichte er sein Hauptwerk, den dreibändigen „Nouveau cours de minéralogie", 1867 im Auftrage des Ministeriums den „Rapport sur les progrés de la minéralogie". Außerdem haben wir von ihm noch verschiedene Lehrbücher und Memoiren im Journal von Férussac, D'Orbigny's Dictionnaire d'histoire naturelle etc.

C. F. Dohrandt, Director des physikalischen Observatoriums in Tiflis, geb. 3. April 1847 in Pernau, 1865—69 in Dorpat und Heidelberg Chemie studirend, dann in St. Petersburg der Meteorologie sich zuwendend, 1874 Chef der meteorologisch-magnetischen Abtheilung der Amu-Darja-Expedition, starb 22. October in St. Petersburg.

Karl Heinrich Ehrmann, ehemals Professor der Anatomie und Ehrendecan der medicinischen Facultät zu Straßburg, starb 86 Jahr alt am 19. Juni.

Andreas von Ettingshausen, geb 25. November 1796 zu Heidelberg, seit 1809 mit seinen Eltern in Wien lebend, widmete er sich anfangs der militärischen Laufbahn, nach Herstellung des Friedens aber dem Lehrfach, ward 1817 Adjunct der Mathematik und Physik an

der Universität Wien, 1819 Professor der Physik in Innsbruck, 1821 Professor der höheren Mathematik in Wien, in welcher Stellung er mit Baumgartner die „Zeitschrift für Physik und Mathematik" (1826—32) herausgab, von 1834—48 Professor der Physik an der Universität, 1848—52 an der Ingenieurakademie, 1852—66 Director des Physikalischen Instituts an der Universität; seitdem lebte er im Ruhestand in Wien, wo er 25. Mai starb. Als Lehrer und Schriftsteller hat sich E. seinerzeit um die Förderung mathemathischer und physikalischer Studien in Oesterreich hohe Verdienste erworben.

A. W. Fils, geb. 23. Februar 1799 zu Jordansmühl in Schlesien, seit 1814 als Offizier der preußischen Armee angehörig, in den zwanziger Jahren zum topographischen Bureau des großen Generalstabs commandirt, 1850 als Major verabschiedet, bekannt durch seine Theilnahme an zahlreichen Vermessungsarbeiten und besonders durch seine barometrischen Höhenmessungen in Mitteldeutschland, starb 28. März in Schleusingen.

Franz von Fleischer, geb. 1801 zu Lausigk in Sachsen, anfangs Pharmaceut, unternahm dann botanische Reisen 1825 nach Tirol und Oberitalien, 1826 und 27 nach der Levante, studirte 1828—32 in Tübingen Medicin, wurde 1834 Arzt und Lehrer der Naturwissenschaften am Fellenberg'schen Institut in Hofwyl, 1840 Professor der Naturwissenschaften an der Kantonschule zu Aarau, in demselben Jahre Professor der Naturwissenschaften an der land- und forstwirthschaftlichen Akademie in Hohenheim, wo er 24. August starb. Außer zahlreichen Arbeiten in Zeitschriften veröffentlichte er: „Ueber die Rietgräser Würtembergs" (1832), „Beiträge zu der Lehre vom Keimen der Saamen der Gewächse" (1851), „Ueber Mißbildungen verschiedener Culturpflanzen" (1862).

Elias Fries, geb. 15. August 1749 im Sprengel Femsjö in Småland, habilitirte sich in Lund als Docent für Botanik, wurde 1824 Professor der Botanik daselbst und 1834—59 an der Universität zu Upsala, wo er 8. Februar starb. F. war eine europäische Berühmtheit, namentlich Autorität ersten Ranges in Pilz- und Flechtenkunde, über welche er eine große Anzahl, größtentheils in lateinischer Sprache verfasste Schriften veröffentlicht hat.

William M. Gabb, bekannt als Verfasser trefflicher Beiträge zur Paläontologie Californiens, geb. 20. Januar 1839 in Philadelphia, starb daselbst 30. Mai. Schon frühzeitig dem Studium der Mineralogie und Paläontologie zugethan, fand er Gelegenheit, unter Leitung des Prof. James Hall sich eingehender dieser Wissenschaften zu widmen. Nach Philadelphia zurückgekehrt begann er seine kritischen Studien über die fossilen wirbellosen Thiere der Union, vorzüglich die der Kreideformation, nahm von 1860 unter Prof. J. D. Whitney an der geologischen Aufnahme von Californien theil, wo er hauptsächlich die Halbinsel Niedercalifornien durchforschte, machte dann 1868 für die Sant Domingo Land and Mining Company Aufnahmen auf Domingo, ging 1873 zum Zwecke einer geologischen und topographischen Aufnahme nach Costa Rica, über welche Arbeit in Petermanns Geographischen Mittheilungen ein Bericht nebst Karte erschien, ging

im Herbst 1876 abermals nach Sant Domingo, von wo er im März 1878 zurückkehrte, um nur zu bald einem langjährigen Lungenleiden zu erliegen, umfangreiche handschriftliche Arbeiten über die Geologie und Paläontologie von Costa Rica hinterlassend.

Karl von Gebler, geb. in Wien als Sohn des k. k. Feldmarschall-Leutnants Wilhelm von Gebler, bekannt durch sein epochemachendes Werk „Galileo Galilei und die Römische Curie“ (2 Bde., Stuttgart 1876 u. 1877), dessen zweiter Band die Acten des Galilei'schen Processes nach der Vatican-Handschrift vollständig enthält, starb 7. September in Graz. Nach absolvirten Gymnasialstudien 1869 in das Infanterieregiment No. 7 eingetreten, avancirte er rasch zum Offizier und wurde zum 4. Husarenregiment versetzt, in welcher Stellung er sich bereits literarisch versuchte. Ein dienstlicher Nachtritt, den er im Winter eine Meile weit unternahm, zog ihm eine heftige Lungenentzündung zu, die seine Gesundheit so zerstörte, daß er der militärischen Laufbahn entsagen mußte. Er wandte sich nun eingehenderen Studien über Galilei zu und es gelang ihm durch Vermittlung der österreichischen Gesandtschaft im Sommer 1876 Eintritt in die Vaticanbibliothek zu erhalten, wo er mit diplomatischer Genauigkeit die Acten des Galilei'schen Processes copirte. Diese in der heißesten Jahreszeit unternommene mühevolle Arbeit hatte aber seine Kraft erschöpft; doch unternahm er nach seiner Rückkehr im October 1877 noch eine Reise nach Italien, um die Spuren Galilei's durch die verschiedenen Städte und Oertlichkeiten zu verfolgen (vergl. „Auf den Spuren Galilei's“ in der „Deutschen Rundschau“, 1878 Heft 7).

Marchese Lorenzo Ginori-Lisci, Chef einer angesehenen, um Porzellanfabrication und Keramik hochverdienten Familie, starb Mitte Februar. Sein Urgroßvater, der Marchese Carlo Ginori, welcher 1757 als Gouverneur von Livorno starb, verpflanzte die Porzellanindustrie nach Oberitalien und legte in der Villa Doccia bei Sesto eine Manufactur an, nächst Meißen und Wien die älteste in Europa. Er schickte sein eigenes Fahrzeug nach China und Japan, um mehrere junge Leute mit den dort üblichen Verfahren vertraut zu machen und Materialien herbeizuschaffen, ließ auch Maler und Arbeiter aus Sachsen kommen. Einen neuen Aufschwung nahm die Fabrik unter dem letztverstorbenen Besitzer, der ihr seit 1848 vorstand und der Production eine entschieden künstlerische Richtung gab. Besonders zwei Kunstzweige wurden mit Geschick und Erfolg gepflegt: die Herstellung von Porzellanen mit farbigen Reliefs, wie die vormalige königliche Manufactur von Capodimonte sie lieferte, und von Majoliken, wie sie im 15. und 16. Jahrh. aus den Werkstätten von Faenza, Urbino 2c. hervorgingen. Außer diesen und anderen künstlerischen Arbeiten liefert die Fabrik auch alle Arten Porzellan- und Töpferwaaren für den Hausbedarf.

Heinrich Girard, ehemals Professor der Mineralogie und Director des mineralogischen Museums in Halle, Verfasser eines Werkes über die norddeutsche Ebene (Berlin 1855), von Briefen über Humboldt's Kosmos (Leipzig 1862) u. a., starb daselbst 12 April.

Eugen Freiherr von Gorup-Besanez, geb. 15. Januar 1817 als Sohn des österreichischen Feldmarschallleutnants Franz v. G.-B.,

studirte in Wien, Padua und München Medicin, promovirte am letzteren Orte, wandte sich dann daselbst und in Göttingen dem Studium der Chemie zu, habilitirte sich 1846 als Privatdocent an der Universität Erlangen, ward 1849 außerordentlicher und 1855 ordentlicher Professor der Chemie, sowie Director des chemischen Laboratoriums; er starb an den Folgen eines wenige Tage vorhergegangenen Schlaganfalls am Morgen des 24. November. G. war als akademischer Lehrer wie als Forscher, namentlich auf zoochemischen Gebiet ausgezeichnet. Seine „Anleitung zur qualitativen und quantitaven zoochemischen Analyse“ (Braunschweig 1850, 3. Aufl. 1871) und sein „Lehrbuch der Chemie“ (das. I, 5. Aufl. 1874; II, 4. Aufl. 1873 u. III, 3. Aufl. 1874) wurden in mehrere Sprachen übersetzt.

R. J. Griffith, englischer Geolog, besonders bekannt durch seine Karte von Irland (1845—55), geb. 20. September 1784 in Dublin, starb daselbst 22. September.

Thomas Grubb, berühmter Mechaniker und Optiker, ursprünglich für den Kaufmannstand bestimmt, dann Inhaber einer mechanischen Werkstätte, aus der unter andern eine sinnreiche Maschine für Stich, Druck und Numerirung der Noten der Bank von Irland hervorgingen, später der praktischen Optik zugewandt, starb 19. September in Dublin. Lord Rosse bediente sich während der Construction seines 6füßigen Aequatoriales in Parsonstown oft der Hilfe Grubb's; von letzterem rührt auch der Hebelmechanismus her, den Rosse bei seinen Spiegeln anwandte, um deren Biegung zu vermeiden. Sonst sind als Hauptarbeiten G.'s zu nennen: die Ausrüstung von etwa 40 englischen magnetischen Stationen unter Leitung von Provost Lloyd, der 15zöllige Reflector mit äquatorialer Montirung auf der Sternwarte Armagh, die Aequatoriale von Markree und Dunsink von 13 und 12 Zoll Oeffnung, und endlich der große Reflector der Sternwarte Melbourne mit 27 Zoll Oeffnung, der equatorial montirt ist und durch Uhrwerk bewegt wird. Nach Vollendung des Teleskopes, wofür er zum Fellow der Royal Society ernannt wurde, übergab G. seine Werkstatt seinem Sohne Howard G.

Friedrich Haberland, geboren 1825, von 1850 bis 1869 an der höheren landwirthschaftlichen Lehranstalt in Ungarisch-Altenburg thätig, 1869 mit Gründung und Leitung der Versuchsstation für Seidenbau in Görz betraut, seit 1872 Professor des landwirthschaftlichen Pflanzenbaues an der Hochschule für Boden-Cultur in Wien, starb daselbst 1. Mai an den Folgen einer schweren Operation.

Robert Harkneß, englischer Geolog und Paläontolog, seit 35 Jahren an der Erforschung der geologischen Verhältnisse in Nordengland, Schottland und einzelnen Theilen Irlands thätig, geb. 28. Juli 1816 in Omskirk in Lankashire, Professor am Queens-College in Oxford, starb 5. October in Dublin.

Richard Hartmann, einer der bedeutendsten Industriellen Deutschlands, starb 16. December in Chemnitz. Geb. 8. November 1809 zu Barr bei Straßburg, kam H. 1830 als Zeugschmiedegesell nach Chemnitz und trat bei Haubold, dem Begründer der Chemnitzer Maschinenindustrie in Arbeit. 1837 etablirte er sich und begann mit

3 Arbeitern den Bau von Baumwollspinnerei-Maschinen; seit 1847 fing er an Locomotiven und Tender zu bauen, 1855 daneben auch Turbinen, Bergwerksmaschinen, Bohrapparate, Werkzeugsmaschinen ꝛc. Bereits 1869 bedeckten seine Etablissements einen Flächenraum von 254084 Quadratmetern, umfaßten 50 Gebäude mit einem Arbeitsflächenraum von 53224 Quadratmetern und beschäftigten 2600 Arbeiter. Im Jahre 1872 gingen sie unter dem Namen „Sächsische Maschinenfabrik" in die Hände einer Actiengesellschaft über.

Charles Frederic Hartt, amerikanischer Geolog, geb. zu Fredericton in New Brunswik 23. August 1840, starb 18. März in Rio de Janeiro am gelben Fieber. Schon als Zögling des Akadia-College untersuchte er die geographischen Verhältnisse von Neuschottland, und als er 1860 mit seinem Vater nach St. John ging wo derselbe eine Schule leitete, bot ihm Neubraunschweig ein anderes Feld für seine Thätigkeit. Hauptsächlich beschäftigte er sich mit den der Devonischen Formation angehörigen sogenannten Fern Lodges in der Nähe von St. Johns. 1861 trat er in Agassiz' Museum in Cambridge ein, nahm 1864 theil an der geologischen Aufnahme von Neubraunschweig und 1865 an Agassiz' Expedition nach Brasilien; 1867, 1870 und 1874 ging er abermals nach Brasilien und wurde 1876 zum Director der geologischen Abtheilung des Nationalmuseums in Rio ernannt.

Karl Hecker, Professor der Chirurgie und Augenheilkunde in Freiburg, berühmter Operateur, starb 28. October im Alter von 66 Jahren.

Joseph Henry, geb. 17. December 1797 zu Albany, New York, 1826 Professor an der Akademie seiner Vaterstadt, dort mit elektromagnetischen Untersuchungen beschäftigt, 1832 in gleicher Stellung am College in Princeton, New Jersey, seit 1846 Secretär der Smithsonian Institution. 1849 Vorsitzender der Amerikanischen wissenschaftlichen Gesellschaft, 1869 Präsident der Amerikanischen Akademie, 1872 auch Vorsitzender des Leuchtthurmdepartements, starb 13. Mai.

Hermann Henze, bekannt als Verfasser landwirthschaftlicher Schriften und eines Apparates zur Kartoffelzerkleinerung in der Spiritusbrennerei, geb. 28. Februar 1831 in Berlin, starb 3. November auf seinem Rittergute Weichnitz.

Frederik Kampf, der Astronom von Lieutn. Wheelers amerikanischer Forschungsexpedition nach Arizona, starb im Alter von 36 Jahren in Washington am 30. März. Er hatte seine Studien in Bonn gemacht und ging 1870 nach den Vereinigten Staaten, wo er bei der Küstenvermessung thätig war, bis ihm 1873 die Stellung bei der Wheeler'schen Expedition übertragen wurde.

Johann Georg Kohl, bekannt als Reisender und Reiseschriftsteller, geb. 23. April 1808 in Bremen, seit 1858 Stadtbibliothekar in seiner Vaterstadt, starb daselbst 28. October.

Sulpiz Kurz, der langjährige Curator des wissenschaftlichen Herbarium-Office und des botanischen Gartens in Calcutta, starb 15. Januar zu Penang auf der Reise nach dem malayischen Archipel. Ein geborner Bayer, ging K. in holländische Dienste und lebte mehrere Jahre in Buitenzorg, wo er der Flora von Java und dem indischen

Archipel seine Aufmerksamkeit zuwandte. Durch den verstorbenen Dr. Andersen wurde er veranlaßt die Stelle des Directors der Calcutta-Gärten zu übernehmen. Von Calcutta aus besuchte er wiederholt auf längere Zeit die Urwälder von Birmah, sowie die Andamanen und Nicobaren, und lernte die Flora dieser Gebiete, sowie Java's und der malayischen Inselwelt mit einer Gründlichkeit kennen, die vielleicht von keinem Zeitgenossen erreicht wurde. Seine Arbeiten sind theils im Journal der „Asiatic Society" von Bengalen, theils in einem selbstständigen Werke über die „Flora der Wälder von Birmah" veröffentlicht worden, das wenig Wochen vor seinem Tode erschien.

Claude Lamy, verdienstvoller technischer Chemiker, geb. 15. Juli 1820 im Jura, starb in Lille im März. Nachdem er seit 1842 mit Pasteur und Lissajous die Pariser Ecole normale besucht, wurde er Professor der Physik erst in Limoges, dann in Lille, wo er auch regelmäßig einen der dort 1823 begründeten Cours municipaux abhielt, und als 1854 an deren Stelle eine Faculté des Sciences trat, erhielt L. den Lehrstuhl der Physik. Auf die Probleme der industriellen Chemie wurde er namentlich durch seine Verschwägerung mit der Familie Kuhlmann geführt; 1865—78 nahm er den Lehrstuhl der industriellen Chemie an der Ecole centrale des Arts et Manufactures ein. Bekannt ist L. besonders durch seine Untersuchung der chemischen Eigenschaften des Thalliums, das Crookes 1861 durch Spectralanalyse im selenhaltigen Schlamme der Schwefelsäurefabrik von Tillerode am Harze entdeckt hatte.

Gustav Leonhard, geboren 22. November 1816 in München, 1841 Privatdocent und seit 1853 Professor der Geologie an der Universität Heidelberg, starb daselbst 28. December. Er schrieb u. a. „Handwörterbuch der topographischen Mineralogie" (1843), „Geognostische Skizze des Großherzogthums Baden" (1846, 2. Aufl. 1861), „die Mineralien Badens" (1855, 5. Aufl. 1876), „Grundzüge der Mineralogie" (1855, 2. Aufl. 1860), „Grundzüge der Geognosie und Geologie" (3. Aufl. 1872—74); auch redigirte er mit Geinitz das „Neue Jahrbuch für Mineralogie."

George Henry Lewes, sehr vielseitiger, auch auf dem Gebiete der Naturwissenschaften thätiger Schriftsteller, in Deutschland besonders durch sein „Life of Goethe" (London 1855) bekannt, starb 30. November. L. ist 18. April 1817 in London geb., widmete sich anfangs dem Kaufmannsstande, dann medicinischen und später philosophischen Studien und nachdem er während eines zweijährigen Aufenthaltes in Deutschland (1838 und 39) unser sociales Leben kennen gelernt hatte, begann er in England seine literarische Laufbahn als Journalist, Recensent, Belletrist, Dramatiker, und Biograph, um sie als Mathematiker, Physiker, Chemiker, Biolog, Psycholog und Schöpfer eines speculativen philosophischen Systems zu schließen. Als Ergebnisse seiner naturwissenschaftlichen Studien veröffentlichte er: „Sea side studies" (London 4858) „Physiology of common life" (1860), „Studies in animal life" (1862). Sein „Aristotle" (1864) ist ein Versuch, die naturwissenschaftlichen Arbeiten des griechischen Philosophen zusammenhängend darzustellen. Sein auf Comte's Positivismus

gegründetes philosophisches System hat er in den „Problems of life and mind“ (erster Theil: „The foundations of a creed“ 1872—75, 2 Bde., Zweiter Theil: Physical basis of mind“ 1877) niedergelegt.

Alexander Felix Gustav Achille Leymerie, Geolog, geb. 23. Januar 1801 in Paris, starb 6. October in Toulouse. Nach Absolvirung der Polytechnischen Schule lehrte er 5 Jahre lang Mathematik in Paris, wurde dann Professor am Collége von Troyes, später Director der Ecole Lamartinière in Lyon, und 1840 Professor der Mineralogie an der Facultät von Toulouse. Hauptgegenstand seiner geologischen Arbeiten waren die Pyrennäen; ein Ergebniß zwanzigjähriger Arbeit ist seine „Carte géologique de la Haute-Garonne“, ferner veröffentlichte er in Troyes die „Statisque géologique et minéralogique du département de l'Aube“, und außerdem haben wir von ihm einen zweibändigen „Traité de minéralogie“ nebst einem zum ersten Unterricht bestimmten Abriß. Material für eine geologische Karte des Departement de l'Aube sammelnd durchstreifte er die Monts Corbières, wobei er sich eine Erkältung zuzog, die seinen Tod herbeiführte.

Elia Lombardini, der Nestor der italienischen Ingenieure, starb 19. December in Mailand. Geb. 11. October 1794 an der Grenze des Elsaß, wo sein Vater als Adjutant Masséna's bei der Rheinarmee stand, studirte er an den Universitäten Pavia und Bologna und trat 1822 in den Kreis der lombardischen Wasser- und Straßenbau-Ingenieure ein, wurde 1839 Ingenieur erster Classe bei der Centraldirection in Mailand und Wasserbau-Inspector, bis er 1856 in Ruhestaud trat; 1860 wurde er zum Senator ernannt. L. hat in verschiedenen Zeitschriften zahlreiche hydraulische Arbeiten veröffentlicht.

A. Maes, belgischer Naturforscher und Mitglied der internationalen Expedition nach dem äquatorialen Afrika, geb. 24. März 1855, starb in Zanzibar 24. Januar.

Michel Charles Durieu de Maissoneuve, bekannt durch seine Arbeiten über die Flora von Algerien, starb 20. Februar im Alter von 82 Jahren.

Justinius Jovita Marianus Malaguti, geb. 15. Februar 1802 in Bologna, in Folge der revolutionären Bewegungen in Italien 1831 nach Frankreich ausgewandert und dort naturalisirt, specieller Schüler von Gay Lussac, 1840 Chemiker der Fabrik von Sèvres, 1850 Professor der Chemie an der Faculté des Sciences zu Rennes, starb als Doyen derselben am 26. April

Johann Mannhart, berühmter Uhrmacher und genialer Erfinder auf dem Felde der Mechanik, starb 25. August als Stadtuhrmacher in München. In ärmlichen Verhätnissen 31. August 1798 zu Bürstling bei Gmund am Tegernsee geboren, wuchs M. fast ohne Schulbildung auf, erlernte bei einem ländlichen Uhrmacher die Grundzüge seiner Kunst und leitete dann in Miesbach ein Großuhrmacher-Geschäft. Sein erstes größeres Werk war die ursprünglich für Egern bestimmte Uhr, welche in der Münchener Mauthhalle, dem Chor der ehemaligen Augustiner Kirche aufgestellt und von einer Commission des Polytechnischen Vereins in Nr. 27 des Kunst- und Gewerbeblattes vom

16. Sept. 1826 äußerst günstig beurtheilt wurde. Bald darauf siedelte M. nach München über und gründete ein Thurmuhrengeschäft, später eine Werkzeug- und Maschinenfabrik. Als M. nahezu 80jährig starb waren aus seinem Etablissement fast 1200 Thurmuhren hervorgegangen.

Julius Robert von Mayer, geb. 25. November 1814 als Sohn eines Apothekers in Heilbronn, erhielt seine Vorbildung auf dem Gymnasium daselbst und in Kloster Schönthal, studirte 1832—1836 in Tübingen Medicin, besuchte dann die Kliniken in München und Wien und ließ sich nach dem Bestehen seiner ärztlichen Prüfung für kurze Zeit in seiner Vaterstadt nieder, um dann über Paris nach Holland zu gehen, wo er sich in Rotterdam auf einem nach Java segelnden Kauffahrteischiffe als Schiffsarzt einschiffte. Die Reise dauerte 12 Monate, wovon 4 auf den Aufenthalt in Batavia, Tscheribona und Surabaya kamen, und wirkte vielfach anregend auf ihn, so daß schon damals die Hauptgedanken seiner späteren Schriften sich heraus bildeten: Bewegung könne in Wärme, Wärme in Bewegung umgesetzt werden nach einem constanten, experimentell festzustellenden Verhältniß; nicht nur die Stoffe, sondern auch die Kräfte seien unzerstörbar, sie seien Ursachen, die in der Wirkung nicht untergehen, sondern nur umgeformt fortbestehen. Nach seiner Zurückkunft nahm er die ärztliche Praxis in seiner Vaterstadt wieder auf, wurde nachher Oberamtswundarzt und starb 21. März. Den Satz von der Aequivalenz von Wärme und mechanischer Arbeit entwickelte er zuerst in einem kleinen, im Maiheft 1842 der Annalen der Chemie und Pharmacie abgedruckten Aufsatze: „Bemerkungen über die Kräfte der unbelebten Natur," er gibt darin das mechanische Aequivalent der Wärme zu 365 Meter-Kilogr. an, Joule fand bald nachher experimentell den genaueren Werth 424 Meter-Kilogr. Seinen Grundgedanken entwickelte nun M. weiter in einer Reihe von Arbeiten, die nachher unter den Titel „Die Mechanik der Wärme" (Stuttgart 1867) gesammelt erschienen; darunter befinden sich auch die „Dynamik des Himmels" (1848), in denen er den Satz begründete, daß in der Erregung der Ebbe und Fluth ein Grund zu einer Verminderung der Umdrehungsgeschwindigkeit der Erde liege. Daß schon Kant sich eingehend mit diesem Gedanken beschäftigt hatte, war M. wie dem größten Theile der gleichzeitigen Gelehrten unbekannt. Während anfänglich eine lange Reihe von Jahren hindurch Mayers Arbeiten unbeachtet blieben und ihm nachher die Priorität seiner Gedanken streitig gemacht wurde, wodurch eine krankhafte Aufregung seines Geistes veranlaßt wurde, die die letzten Jahrzehnte seines Lebens trübte, wurde ihm doch wenigstens in der letzten Zeit die verdiente Anerkennung zu theil; er wurde Mitglied verschiedener deutscher gelehrter Gesellschaften, Correspondent der Pariser Akademie, erhielt von dieser den Preis Poncelet, von der Royal Society in London die Copley-Medaille, von seinem Landesherrn das Ritterkreuz der Württembergischen Krone und den persönlichen Adel.

James M'Nab, geb. 1810, seit 1848 an seines Vaters Stelle Curator des botanischen Gartens in Edinburg, als Schriftsteller über Botanik, Klimatologie, Landschaftsgärtnerei ꝛc. vielfach thätig, starb Ende November in Edinburg.

Th. G. Montgomerie, englischer Geodät, geb. 23. April 1830 zu Ayr, seit 1849 im Corps der Bengal Engineers, seit 1852 mit Vermessungsarbeiten in Indien beschäftigt, besonders bekannt durch seine Aufnahme von Kaschmir 1855—1865, starb 31. Januar in Bath, nach dem er seit 1873 Krankheits halber nach England zurückgekehrt war.

Andrew Murray, hervorragender Entomolog, starb 65 Jahr alt in Edinburg 10. Januar.

Thomas Oldham, von 1850—1876 Director der geologischen Landesaufnahme von Ostindien, starb in Rugby 17. Juli. Geb. 1816 in Dublin, studirte O. im dortigen Trinity College, dann auf der Ingenieurschule in Edinburg und hörte Jameson's geologische und mineralogische Vorlesungen. 1839 ward er erster geologischer Assistent des Generalmajor Portlock, trat dann an die Spitze der Aufnahme von Irland, wurde alsdann Curator und zweiter Secretär der geologischen Gesellschaft von Dublin, 1845 Professor der Geologie in Dublin und 1850 wurde er von der Ostindischen Compagnie mit der Organisation der geologischen Aufnahme ihres Gebietes betraut. In dieser officiellen Stellung gab er seit 1861 die „Palaeontologia Indica“ heraus. Nachdem er 1848 zum Fellow der Royal Society ernannt worden, verlieh ihm dieselbe 1875 die Goldene Medaille.

August Heinrich Petermann, verdienstvoller Geograph und Kartograph, geb. 18. April 1822 in Nordhausen, 1834—44 auf der unter Leitung von Heinrich Berghaus stehenden geographischen Kunstschule zu Potsdam vorgebildet, nachher in Edinburg, 1847—54 in London geograph.-kartographischen Arbeiten lebend, seit 1854 Vorstand von Perthes' Geographischer Anstalt in Gotha, Redacteur der von ihm gegründeten „Mittheilungen über wichtige neue Erforschungen auf dem Gesammtgebiete der Geographie“ (erster Jahrgang 1855), auch durch persönliche Anregung von erfolgreichen Entdeckungsreisen nach Afrika und in die Polarregionen die geographische Wissenschaft fördernd, starb 25. September in Gotha.

Ch. Pickering, amerikanischer Naturforscher und Ethnolog, der 1838 die Wilkes'sche Expedition begleitete und nachher eine mehrjährige Reise nach Egypten, Arabien, Indien und Ost-Afrika unternahm, ursprünglich Arzt, starb 17. März in Boston im 74. Lebensjahre.

Ernest Quetelet, der Sohn des bekannten Statistikers und Astronomen Adolphe Q., seit 1859 Astronom an der Sternwarte zu Brüssel und seit 1863 Mitglied der belgischen Akademie, starb im September.

François Vincent Raspail, in weitesten Kreisen als Veteran der französischen Demokratie bekannt, auch auf dem Gebiete der Naturwissenschaften thätig, geb. 29. Januar zu Carpentras in Vaucluse, starb 7. Januar in Arcueil. Im Seminar zu Avignon zum Theologen gebildet, ging R., durch seinen Freisinn mißliebig, nach kurzer Laufbahn im geistlichen Stande nach Paris, wo er sich in die republikanische Agitation stürzte. Seit 1822 medicinischen und naturwissenschaftlichen Studien zugewandt, veröffentlichte er eine Reihe von

Arbeiten auf diesen Gebieten, die zum Theil im Gefängniß geschrieben sind, darunter: „Essai de chimie microscopique appliquée à la physiologie“ (Paris 1831); „Nouveau systéme de chimie organique“ (Paris 1833), für welches Werk ihm die Pariser Akademie den Monthyonpreis von 10000 Frank ertheilen wollte, was aber Guizot durch die Worte verhinderte: „Raspail den Preis ertheilen hieße ja der Emeute Subsidien auszahlen!“ Ferner: „Nouveau syténe de physiologie végétale et de botanique“ (1837, 2 Bde., mti Atlas); „Histoire naturelle de la santé et de la maladie chez les vétégaux et les animaux“ (1839); „Almanach et calendrier méterologique“ (1861—65); „Manuel annuaire de la santé“ (1846—77). Bekannt ist auch sein medicinisches Kampfersystem, mit dem er 1839 hervortrat.

Henri Victor Regnault, geb. 21. Juli 1810 in Aachen, 1830—32 Schüler der Pariser Polytechnischen Schule, nachher Bergingenieur, 1847 Ingénieur en chef des mines, 1854 Director der Porzellanfabrik zu Sèvres, auch seit 1840 Professor der Chemie an der Polytechnischen Schule und seit 1841 Professor der Physik am Collége de France, Mitglied der Pariser Akademie, starb 19. Januar in Auteuil. R. war einer der geschicktesten Experimentatoren unserer Zeit; von seinen zahlreichen Untersuchungen sind namentlich die Bestimmung der Ausdehnung und Dichtigkeit der Gase und des Quecksilbers, der Zusammendrückbarkeit der Flüssigkeiten und Gase, der Elasticität des Wasserdampfes bei verschiedenen Temperaturen, der specifischen Wärme, die Fortpflanzungsgeschwindigkeit des Schalles hervorzuheben. Seine chemischen Lehrbücher „Cours élémentaire de chimie“ (Preis 1847—49) und die „Premiers éléments de chimie“ (das. 1850) wurden von Strecker in's Deutsche übertragen.

Karl von Rokitansky, geb. 19. Februar 1804 zu Königgrätz, 1828 Assistent der pathologisch-anatomischen Anstalt, 1834—1875 Professor der pathologischen Anatomie an der Universität in Wien, starb daselbst 23. Juli. Er hat der pathologischen Anatomie zuerst auf deutschen Boden eine allgemeine Bedeutung verschafft und dieselbe zur Grundlage der naturwissenschaftlichen Forschung auf dem Gebiete der Medicin gemacht. Sein Hauptwerk ist das „Lehrbuch der pathologischen Anatomie“ (Wien 1842—46, 5. Bde.; 3. Aufl. 1855—61).

George Dawson Rowley, englischer Ornitholog und Antiquar, Herausgeber des „Ornithological Miscellany“, starb 21. November in Brighton.

Christian Rutenberg, Doctor der Medicin und wissenschaftlicher Reisender, geb. 1852 in Bremen, trat 9. April 1877 von London eine Erforschungsreise an, landete 22. Mai in der Capstadt und bereiste zunächst Südafrika, segelte 23. August nach Mauritius ab und landete 3. October auf Madagaskar, besuchte die Hauptstadt Antananarivo und das Ankaratra-Gebirge und brach im Mai nach dem Innern auf, wo er Ende November in der Gegend von Beravi vom Stamme der Minterano ermordet wurde.

Karl Sachs, Assistent am physiologischen Institute von Berlin, bekannt durch seine 1876 mit Unterstützung der Humboldtstiftung unternommene Reise nach Venezuela zur Untersuchung der Gymnoten,

die er in dem Werke „Aus den Llanos“ beschrieben hat, verunglückte 17. August bei Besteigung des Gletschers am Monte Covedale bei Bormio.

Sir George Gilbert Scott, der Wiederbeleber der Gothik in England, starb in London 28. März. Geb. 1811 zu Gawcott bei Buckingham, gründete er seit 1842 seinen Ruf mit dem Märtyrermonumente in Oxford, lieferte die Entwürfe für die Nicolaikirche (1846) und das neue Rathhaus in Hamburg (1855), errichtete viele gothische Kirchen (zu Camberwell, Croydon, Leeds, Liverpool u. a.), seine Profanbauten (Eisenbahnhof von St. Pancras in London u. a.), führte auch viele Restaurationsarbeiten mit Geschick us (Dome zu Ely, Lichfield, Herefort, Ripon u. a.). Die Westminsterabtei, deren bauliche Ueberwachung ihm seit 1849 oblag, verdankt ihm die Wiederaufrichtung des Capitelhauses.

Pater Angelo Secchi, der berühmte Astronom des Collegio Romano, geb. 19. Juli 1818 zu Reggio in der Aemilia, starb 26. Februar in Rom. In der Jesuitenschule seiner Vaterstadt erzogen, trat er 1833 in die Gesellschaft Jesu ein und erhielt seine mathematische und naturwissenschaftliche Ausbildung im Collegio Illirico-Lauretano zu Loreto, sowie in Georgetown, Washington, in den Ver. Staaten, wo er die Professur der Mathematik und Physik erhielt. Nach seiner Rückkehr war er am Collegio Romano und dem Collegio in Loreto thätig, bis im Jahre 1848 die Jesuiten aus Italien vertrieben wurden. Wie viele Ordensgenossen fand er ein Asyl in England und empfing hier im Jesuitencolleg Stonyhurst die Priesterweihe. Im nächsten Jahre betrieb er wieder Mathematik in Georgetown. Sein in Rom zurückgebliebener, mit orientalischen Studien beschäftigter Bruder, wurde inzwischen ins Gefängniß geworfen, wo er bald den Mißhandlungen erlag. Nach der Wiedereinsetzung der päbstlichen Regierung erhielt S. die Ernennung zum Professor der Astronomie und Director der neu eingerichteten Sternwarte des Collegio Romano. Seine Thätigkeit war hier hauptsächlich auf die Topographie und physischen Beschaffenheit der Planeten, des Mondes, der Sonne und der Fixsterne, sowie auf die Anwendung der Spectralanalyse gerichtet. Er war Mitglied der päbstlichen Akademie (dei Lincei), der Pariser Akademie und der Royal Society und vertrat den Kirchenstaat in der europäischen Gradmessungs-, sowie später in der internationalen Meter-Commission, an welcher letzteren er auch nach dem Sturze der päbstlichen Herrschaft noch theilnahm. Die von der italienischen Regierung ihm angebotene Professur der Astronomie an der römischen Universität lehnte er ab, behielt aber, in Folge einer zu seinen Gunsten gemachten Ausnahme, auch nach 1875, als die Jesuiten alle Lehrstühle in Italien räumen mußten, seine Stellung an der Sternwarte und es wurde ihm überdieß die Professur der physischen Astronomie an der Universität Rom übertragen; 1876 wurde er auch Präsident des italienischen meterologischen Directionsrathes. Von selbstständigen Werken sind zu nennen: „Researches on electrical rheometry“ (Washington 1852) „Quadro fisico del sistema solare secondo le più recenti osservatione“ (Rom 1859), „Sulle recenti scoperte astronomiche“ (1868) „Sulle

ultime scoperte spettroscopiche fatte nel sole" (1869), „Le soleil" (Paris 1870), „L'unità delle forze fisiche" (1872), „Le stelle, saggi di astronomia siderale" (1877) und seine hinterlassene „Meteorologia Romana".

Moritz Seubert, Geh. Hofrath und Professor der Naturgeschichte am Polytechnikum in Carlsruhe, starb daselbst 6. April.

Angelo Sismonda, geb. 20. August 1807 zu Corneliano d'Alba, seit 1828 Assistent des Professors der Mineralogie Borson, in Turin, 1832—71 dessen Nachfolger und bis zu seinem Tode Director des dortigen Museums, starb 30. December. Seit 1849 war er Mitglied der Akademie dei Lincei in Rom, seit 1861 Senator des Königreichs Italien. Seine Hauptwerke sind die geologische Karte von Savoyen, Piemont und Ligurien und die Ordnung und Bereicherung des Museums, das unter seinen Händen eine der vollständigsten und bestgeordneten Sammlungen Italiens wurde; auch hatte er Antheil am Unterricht und der Erziehung des Königs Humbert und des Herzogs von Aosta. Zahlreiche Arbeiten von S. sind in den Schriften der Akademie der Wissenschaften in Turin, der Pariser Akademie und der geologischen Gesellschaft von Frankreich veröffentlicht.

Soleil, berühmter Pariser Optiker, Erfinder des Polarisations-Saccharimeters, starb 80jährig zu St. Gratian Anfang April, nachdem er seit 20 Jahren sich von den Geschäften zurückgezogen.

Karl Stål, berühmter Entomolog, der sich namentlich um die Systematik der Hemipteren und Orthopteren große Verdienste erworben, Intendant der entomologischen Abtheilung des Reichsmuseums in Stockholm, starb, erst 45 Jahre alt, in Stockholm am 14. Juni.

L. Cohn Stuart, Director der Polytechnischen Schule in Delft, starb daselbst Ende Juli.

Friedrich Eduard Thieme, geb. 21. Mai 1805 in Leipzig, nachdem er in Leipzig und Berlin Mathematik und Astronomie studirt 1828—35 Amanuensis von Möbius auf der Leipziger Sternwarte, 1835—73 Lehrer der Mathematik am Gymnasium zu Plauen im Voigtlande, starb daselbst 28. Juni. Außer verschiedenen Programm-Abhandlungen und einigen Arbeiten in Grunert's Archiv, veröffentlichte er 1847 ein „Lehrbuch der niedern Geometrie", 1853 eine „Populäre Astronomie" und 1857 „Geometrische Uebungen".

Thomas Thomson, englischer Botaniker, geb. 4. December 1817 in Glasgow, von 1840 bis 1851 theils als Wundarzt bei den ostindischen Truppen, theils mit botanischen Forschungsreisen beschäftigt in Indien lebend, dann nach kurzem Aufenthalte in England wieder 1854—1861 Director des botanischen Gartens und Professor der Botanik am Medical College in Calcutta, nach seiner Rückkehr nach England nochmals 1871 als Secretär der Expedition zur Beobachtung der Sonnenfinsterniß in Indien, starb 18. April in London. Seine Hauptwerke sind „Western Hymalayas and Tibet" und „Flora of British India".

Arthur Hay, Marquis von Tweeddale, Präsident der Londoner zoologischen Gesellschaft, starb 29. December. Geb. 1824 als Sohn des Feldmarschalls Lord Tweeddale, trat er frühzeitig in die

Armee und nahm in Ostindien Theil an der Eroberung des Pendschab. In Indien wandte er auch, eng befreundet mit Jerdon und Blyth, seine Aufmerksamkeit der Zoologie zu. Nachdem er noch 1854 den Krimfeldzug mitgemacht, schied er bald nach dem russischen Kriege aus der Armee, um seiner Wissenschaft zu leben. Nach dem Tode seines ältesten Bruders nahm er den Namen Lord Walden an, unter welchem er am bekanntesten ist, 1876 erst wurde er nach dem Tode seines Vaters Marquis von Tweeddale und widmete sich nun auf seinem Stammsitze Yester bei Haddington der Landwirthschaft, während er bis dahin auf einem Landsitz in der Nähe von Chislehurst mit Ansammlung und Aufstellung einer großartigen zoologischen Sammlung und Bibliothek beschäftigt gewesen. Er war ein sehr fruchtbarer Schriftsteller: die meisten seiner wissenschaftlichen Arbeiten sind im Journal der Asiatischen Gesellschaft von Bengalen, in der „Ibis“ und den Proceedings und Transactions der Zoologischen Gesellschaft veröffentlicht.

Roberto de Visiani, der Nestor der italienischen Botaniker, Professor in Padua, starb 78 Jahr alt, im Mai.

Joseph Wallach, geb. in Kassel 1814, als Arzt in Newyork, Kassel, Wolfhagen, Bockenheim und Frankfurt a. M. thätig, 1844—47 Leibarzt des Kurfürsten Wilhelm II. von Hessen, starb in Frankfurt 21. März. Bekannt ist W. in weitern Kreisen durch seine in Verbindung mit Dr. Stilling in Kassel angestellten Untersuchungen über den Bau des Gehirns und Rückenmarkes und durch seine populäre Diätetik: „Das Leben der Menschen“ (2. Aufl. Erlangen 1869).

Gustav Wallis, als botanischer Reisender bekannt, geb. 1. Mai 1830 zu Lüneberg im Detmold'schen, starb 20 Juni zu Cuenza in Ecuador. Im Jahre 1860 von den Lindens, den großen Gärtnern in Brüssel, nach Südamerika geschickt, um neue Pflanzenvarietäten zu sammeln, durchwanderte er in 8 Jahren Brasilien, Peru, Ecuador, Bolivia, Columbia und Costa Rica, überall botanische Schätze sammelnd. Im Auftrage von Veitch u. Comp. in London unternahm er dann 1868 eine ähnliche Reise nach den Philippinen, kehrte aber bereits 1871 nach dem Lieblingsschauplatz seiner Thätigkeit, den nordwestlichen Theile von Südamerika zurück. Er starb, ganz aufgerieben von den Strapazen der Reise und in bitterer Armuth, in einem Hospitale. Nicht nur der botanischen Wissenschaft hat er ersprießliche Dienste geleistet, sondern die Gartenbaukunst verdankt ihm auch die Einführung von etwa 1000 neuen Pflanzenvarietäten.

Sir Andrew Scott Waugh, englischer Generalmajor und berühmter Geodät, geb. 1810 in Madras, von 1832 an bis 1861 bei den geodätischen Aufnahmen in Ostindien, namentlich bei den großen Gradmessungen, beschäftigt, anfangs unter Oberst Everest seit 1861 Surveyor-General, starb 68 jährig in South Kensington 21. Februar.

Ernst Heinrich Weber, verdienstvoller Physiolog und Anatom, geb. 24. Juni 1795 zu Wittenberg, starb als Senior der Universität Leipzig am 26. Januar. Nachdem er in Wittenberg und Leipzig Medicin studirt, wurde er 1818 Professor der vergleichenden Anatomie an der letzteren Universität, später auch der menschlichen Anatomie und 1840 der Physiologie. Er hat sich besonders um die mikroskopische

Anatomie, um die Bildungsgeschichte der Thiere und um die physikalische Seite der Physiologie: Mechanik des Gehens, Druck-, Temperatur- und Ortssinn der menschlichen Haut ꝛc. viele Verdienste erworben. Von seinen selbstständigen Arbeiten sind namentlich zu nennen: „Anatomia comparata nervi sympathici“ (1817), „De aure et auditu hominis et animalium“ (1820). „Tractatus de motu iridis“ (1820), „Annotationes anatomicae et physiologicae“ (1851), sowie die Umarbeitungen von Rosenmüllers „Lehrbuch“ und Hildebrands „Handbuch der Anatomie“. Mit seinen Brüdern Wilhelm und Eduard (gest. 1871) gab er die „Wellenlehre“ (1826) heraus.

Wilhelm Ferdinand Weyhe, früher Director der landwirthschaftlichen Akademie in Poppelsdorf, geb. 6. November 1795 in Magdeburg, starb in Bremen Ende Octobers.

Jacob Philipp Wolfers, Astronom, geb. 31. Mai 1803 in Minden, gegen 40 Jahre an der Bearbeitung des berliner astronomischen Jahrbuchs thätig, in weiteren Kreisen bekannt durch Untersuchungen auf meteorologischem Gebiete, namentlich durch seine über viele Jahrzehnte ausgedehnte Vergleichung der Witterung der berliner Winter, starb in Berlin am 22. April. Außer zahlreichen Arbeiten in wissenschaftlichen Zeitschriften haben wir von ihm auch die deutschen Ausgaben von Eulers Mechanik und Newtons Principien.

Thomas Vernon Wollaston, englischer Entomolog, bekannt durch seine Arbeiten über die Käfer von Madeira, den Canarischen und Capverde'schen Inseln und St. Helena („Insecta Maderensia“ 1854, „Coleoptera Atlanditum“ 1865, „Coleoptera Hesperidum“ 1867, „Coleoptera Santae Helenae“ 1877), starb 4. Januar zu Teignemouth in England in seinem 52sten Altersjahre.

Carl Michael Zerrenner, geb. 3. Juli 1818 in Pößneck im Meining'schen, von 1839 bis 53 in Rußland als Director von Gold-, Platin- und Diamantgruben, sowie von Eisenwerken am Ural, sodann in österreichischen und zuletzt in gothaischen Diensten, tüchtiger Mineralog, starb in München 17. October.

Druck von J. B. Hirschfeld in Leipzig.

Vorschule der Chemie.

Eine Anleitung zur Ausführung von einfachen und unterhaltenden Experimenten nach methodischen Grundsätzen für den Gebrauch in Mittelschulen, Bürger- und Töchterschulen und für den Selbstunterricht bearbeitet von Dr. **A. Hosäus**, Lehrer der Chemie am Realgymnasium und an der Großherzogl. Forstlehranstalt in Eisenach. Mit 97 Holzschnitten im Text. Preis 3 M. 60 Pf.

„Der Verfasser basirt die zu vermittelnden Hauptwahrheiten der Chemie auf eine Reihe von einfachen Versuchen, geht allmälig vom leichtfaßlichen Besonderen zum schwerer verständlichen Allgemeineren über, läßt die Gesetze durch die Schüler selbst finden, regt diese zu stetem Urtheilen und Schließen an, kurz gesagt: er führt uns den sorgfältig ausgewählten und zurechtgelegten Lehrstoff in einer Behandlungsweise vor, welche ebensosehr den gewiegten Fachmann, als den methodisch geschulten Lehrer erkennen läßt".

Oesterr. Schulbote 1878. Nr. 3.

Neue elektrische Maschinen,

insbesondere die magnet-elektrischen Maschinen und deren Anwendungen. Von Professor Dr. **Paul Reis**. Mit 37 Holzschnitten. Preis 2 M. 25 Pf.

„Die gemeinfaßliche, lichtvolle und durch gute Illustrationen unterstützte Darstellung wird bei der Wichtigkeit und dem weitgehenden Interesse insbesondere der magnet-elektrischen Maschinen das Werkchen für einen großen Kreis von Lesern außerordentlich willkommen erscheinen lassen."

Deutsche Industrie-Zeitung.

Unter der Presse:

Die Fundamental-Eigenschaften der dioptrischen Instrumente. Elementare Darstellung der Gauß'schen Theorie und ihrer Anwendungen. Von **Galileo Ferraris**. Uebersetzt von **F. Lippich**, Professor an der Universität Prag. Mit 66 Holzschnitten. Preis ca. 4 M. 80 Pf.